

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA



COLÉGIO
POLITÉCNICO
UFSM

VI SEMANA
GEOMÁTICA

ÁREA DE GEOPROCESSAMENTO

ISSN 2179-4243



TEMÁTICA:
GEOTECNOLOGIAS COMO FERRAMENTAS DE GESTÃO

*23 a 25 de novembro de 2016
Santa Maria, RS, Brasil.*

ANAIS

Os trabalhos aqui transcritos são de inteira responsabilidade de seus autores.

ISSN 2179-4243

VI Semana da Geomática

Temática:
Geotecnologias Como Ferramentas de Gestão

23 a 25 de novembro de 2016.
Santa Maria, RS – Brasil.

Responsabilidade pela edição dos Anais:

Coordenação do Curso de Especialização em Geomática

Coordenação do Curso Superior de Tecnologia em Geoprocessamento

Endereço:

Colégio Politécnico da UFSM

Cidade Universitária – Camobi

Prédio 70, Bloco F, Sala 212-A

Telefone: +55 55 3220 9419

FAX: +55 55 3220 8273

S471a Semana de Geomática (6. : 2016 : Santa Maria, RS)

[Anais] / 6ª Semana da Geomática, 23 a 25 de
novembro de 2016, Santa Maria, RS, Brasil. –

Santa Maria : UFSM, Colégio Politécnico, 2016.

210 p. : il. ; 30 cm

ISSN 2179-4243

“Temática: Geotecnologias como ferramentas de
gestão”

1. Geomática – Eventos 2. Geoprocessamento –
Eventos 3. Geotecnologias – Eventos 4. Meio
Ambiente – Eventos I. Título.

CDU 528.7/.9

Ficha catalográfica elaborada por Alenir Goularte - CRB-10/990

Biblioteca Central - UFSM

APRESENTAÇÃO

A Semana da Geomática é um evento técnico-científico promovido pelo Curso Superior de Tecnologia em Geoprocessamento, Curso Técnico em Geoprocessamento, Mestrado Profissional em Agricultura de Precisão e pelo Curso de Especialização em Geomática do Colégio Politécnico da Universidade Federal de Santa Maria.

Este evento tem como intuito expandir o conhecimento de profissionais, pesquisadores, docentes e alunos sobre o Geoprocessamento e consolidar a participação do Colégio Politécnico e da Universidade Federal de Santa Maria como agentes de formação e aperfeiçoamento técnico-científico na área, voltando-se a atender às demandas por recursos humanos e tecnologias que a sociedade necessita, para evoluir seus processos de gestão e organização espacial, socioeconômica e ambiental.

Em sua VI edição, ocorrida entre os dias 23 e 25 de novembro de 2016 nas dependências do Colégio Politécnico, a Semana da Geomática propôs o uso das “Geotecnologias como Ferramentas de Gestão”, temática que oportunizou a ampliação do debate acerca da importância das instituições governamentais e privadas disporem de informações atualizadas e fidedignas sobre o que há disponível neste âmbito.

A produção bibliográfica encontra-se disponível nos Anais da VI Semana da Geomática com a apresentação de vinte e quatro artigos que abordam diferentes temas no que concerne à pesquisa e à extensão com uso de geotecnologias.

Uma boa leitura a todos!

Comissão Técnico-Científica

COMISSÃO ORGANIZADORA

Prof. Dr. Alessandro Carvalho Miola – Colégio Politécnico da UFSM.
Prof^ª. Dr^ª. Ana Caroline Paim Benedetti – Colégio Politécnico da UFSM.
Prof. Dr. Antoninho João Pegoraro – Colégio Politécnico da UFSM.
Prof^ª. Dr^ª. Claire Delfini Viana Cardoso – Colégio Politécnico da UFSM.
Prof. Dr. Diogo Belmonte Lippert – Colégio Politécnico da UFSM.
Prof. Dr. Elódio Sebem – Colégio Politécnico da UFSM.
Prof. Dr. Erni José Milani – Colégio Politécnico da UFSM.
Prof. Dr. Lúcio de Paula Amaral – Colégio Politécnico da UFSM.
Prof. M. Sc. Marco Ivan Rodrigues Sampaio – Colégio Politécnico da UFSM.
Prof^ª. M. Sc. Marinêz da Silva – Colégio Politécnico da UFSM.
Prof^ª. M. Sc. Michele Monguilhott – Colégio Politécnico da UFSM.
Prof. M. Sc. Oneide José Pereira – Colégio Politécnico da UFSM.
Prof. Dr. Valmir Viera – Colégio Politécnico da UFSM.

MEMBROS DO COMITÊ TÉCNICO-CIENTÍFICO

Prof^ª. Dr^ª. Ana Caroline Paim Benedetti – Colégio Politécnico da UFSM.
Prof^ª. Dr^ª. Claire Delfini Viana Cardoso – Colégio Politécnico da UFSM.
Prof. Dr. Elódio Sebem – Colégio Politécnico da UFSM.
Prof. Dr. Lúcio de Paula Amaral – Colégio Politécnico da UFSM.
Prof. M. Sc. Marco Ivan Rodrigues Sampaio – Colégio Politécnico da UFSM.
Prof^ª. M. Sc. Marinêz da Silva – Colégio Politécnico da UFSM.

REVISORES *AD HOC*

Prof. Dr. Alessandro Carvalho Miola – Colégio Politécnico da UFSM.
Prof^ª. Dr^ª. Ana Caroline Paim Benedetti – Colégio Politécnico da UFSM.
Prof. Dr. Antoninho João Pegoraro – Colégio Politécnico da UFSM.
Prof^ª. Dr^ª. Claire Delfini Viana Cardoso – Colégio Politécnico da UFSM.
Prof. Dr. Diogo Belmonte Lippert – Colégio Politécnico da UFSM.
Prof. Dr. Elódio Sebem – Colégio Politécnico da UFSM.
Prof. Dr. Lúcio de Paula Amaral – Colégio Politécnico da UFSM.
Prof. M. Sc. Marco Ivan Rodrigues Sampaio – Colégio Politécnico da UFSM.
Prof^ª. M. Sc. Marinêz da Silva – Colégio Politécnico da UFSM.
Prof^ª. M. Sc. Michele Monguilhott – Colégio Politécnico da UFSM.
Prof. Dr. Valmir Viera – Colégio Politécnico da UFSM.

COMISSÃO DE APOIO

CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM GEOPROCESSAMENTO

Eduardo Tavares Paim
Fernanda Lampert Batista
Lucas Carvalho
Luciele Heman
Quelen Gomez de Souza
Rosieli Cherobini Ruviaro

CURSO TÉCNICO EM GEOPROCESSAMENTO

Ricardo Froehlich

APOIO



Sumário

Batista et al. AS GEOTECNOLOGIAS COMO FERRAMENTAS DIDÁTICAS PARA O ENSINO DE GEOGRAFIA.....	10
Bittencourt et al. SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEORREFERENCIADO PARA O GERENCIAMENTO DA FRUTICULTURA E DA OLERICULTURA	18
Cardoso et al. VARIABILIDADE ESPACIAL DA RESISTÊNCIA DO SOLO À PENETRAÇÃO E SUAS CORRELAÇÕES COM DIFERENTES PROPRIEDADES FÍSICAS, SOB DIFERENTES USOS DE SOLO	28
Depra et al. O USO DO SOFTWARE <i>DepthMap®</i> NA TEORIA DA SINTAXE ESPACIAL E MAPA AXIAL DE SANTA CRUZ DO SUL.....	37
Fantinel et al. USO DO GEOPROCESSAMENTO NA ANÁLISE AMBIENTAL COMO SUBSÍDIO PARA A INDICAÇÃO DE ÁREAS COM POTENCIAL DE EXPLORAÇÃO SILVICULTURAL NO MUNICÍPIO DE PIRATINI – RS.....	47
Favero et al. VARIABILIDADE ESPACIAL DA ESTRUTURA DE UM NEOSSOLO REGOLÍTICO EUTRÓFICO, SOB DIFERENTES FITOFISIONOMIAS	57
Felipetto et al. DESEMPENHO DE UM VANT DE BAIXO CUSTO NO MONITORAMENTO AGRÍCOLA DA CULTURA DE CRAMBE NA REGIÃO OESTE DO PARANÁ	66
Ferreira da Costa; Mello, I. DELIMITAÇÃO AUTOMÁTICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO IBIRAPUITÃ EM ALEGRETE-RS.....	73
Santos et al. AMOSTRAGEM VIRTUAL DE PARCELAS PRODAN EM DADOS DE INVENTÁRIO FLORESTAL	81
Krum et al. VARIABILIDADE ESPACIAL DAS FRAÇÕES DA MATÉRIA ORGÂNICA DE UM NEOSSOLO REGOLÍTICO EUTRÓFICO, SOB DIFERENTES FITOFISIONOMIAS.....	90
Lixinski et al. LEVANTAMENTO DO PERFIL SOCIOECONÔMICO DOS ATINGIDOS POR INUNDAÇÕES EM JAGUARI – RS.....	101
Mello et al. LINKS4GEO: LISTA DE LINKS PARA INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS	110
Mucha et al. FUNÇÕES DE PEDOTRANSFERÊNCIA PARA PREDIZER A DENSIDADE DO SOLO NA REGIÃO DA FRONTEIRA OESTE E NO VALE DO JAGUARI - RS	115

Nascimento et al. VARIABILIDADE ESPACIAL DA QUALIDADE DE PLANTIO EM UMA ÁREA COMERCIAL DE <i>EUCALYPTUS SP</i> NO RIO GRANDE DO SUL	125
Paroli et al. DETERMINAÇÃO DE PADRÕES ESPACIAIS DE HOMICÍDIOS EM RELAÇÃO ÀS VIAS URBANAS: ESTUDO DE CASO EM SANTA MARIA, RS	130
Rodrigues et al. A MÁXIMA VERTICALIZAÇÃO DE CAMOBI SEGUNDO A LUOS E O SOFTWARE AUTOCAD® COMO FERRAMENTA NA CONCEPÇÃO DE PROJETOS	138
Rodrigues et al. GEOGRAFIA DA SAÚDE: O USO DE ÁLCOOL NO RS EM 2014 ESPACIALIZADO PELO ArcGIS	146
Rovani et al. PROPOSTA METODOLÓGICA PARA O ZONEAMENTO DE RISCO CLIMÁTICO DA NOGUEIRA PECÃ (<i>Carya illinoensis</i> (Wangenh.) K. Koch) NO RIO GRANDE DO SUL COM AUXÍLIO DAS GEOTECNOLOGIAS	154
Ruiz et al. TÉCNICAS DE MINERAÇÃO DE DADOS EMPREGADAS NA CLASSIFICAÇÃO DE IMAGENS OBTIDAS POR VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO (VANT)	163
Schneider et al. CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO URBANO E SUA VARIAÇÃO TEMPORAL NO BAIRRO SÃO VICENTE, SANTIAGO	174
Shimoia et al. O USO DO SENSORIAMENTO REMOTO PARA DETERMINAR O USO DO SOLO NO MUNICÍPIO DE SANTIAGO - RS	182
Silveira et al. ANÁLISE ESPACIAL UTILIZANDO DUAS TÉCNICAS DE INTERPOLAÇÃO EM UMA UNIDADE AMOSTRAL NO PARQUE ESTADUAL DO ESPINILHO	189
Vaz et al. VARIABILIDADE ESPACIAL DO ESTOQUE DE CARBONO DE UM NEOSSOLO REGOLÍTICO EUTRÓFICO, SOB CAMPO NATIVO E A SUA RELAÇÃO COM OS ATRIBUTOS DO TERRENO	194
Viera, M.; Rovani, F. F. M ELABORAÇÃO DO ZONEAMENTO ECOLÓGICO-ECONÔMICO DE SILVEIRA MARTINS COM AUXÍLIO DAS GEOTECNOLOGIAS	202

AS GEOTECNOLOGIAS COMO FERRAMENTAS DIDÁTICAS PARA O ENSINO DE GEOGRAFIA

Geotechnologies as teaching tools for Geography Teaching

Fernanda Lampert Batista¹, Natália Lampert Batista², Maurício Rizzatti³, Elsbeth Léia Spode Becker⁴, Roberto Cassol⁵

¹ Graduanda em Geoprocessamento na Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS – fe.batista97@gmail.com

² Doutoranda em Geografia da Universidade Federal de Santa Maria e Professora da Escola Municipal de Ensino Fundamental J/AO “CAIC Luizinho de Grandi”, Santa Maria, RS – natilbatista3@gmail.com

³ Graduando em Geografia Licenciatura Plana na Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS – geo.mauricio.rizzatti@gmail.com

⁴ Professora do Centro de Ciências Humanas e do Programa de Pós-graduação em Ensino de Linguagens e Humanidades do Centro Universitário Franciscano, Santa Maria, RS – elsbeth.geo@gmail

⁵ Professor do Departamento de Geografia da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS – rtocassol@gmail.com

RESUMO

As geotecnologias vêm ganhando cada vez mais espaço no ambiente escolar. Essa inserção contribui significativamente para a construção de conhecimentos geográficos e para a dinamização dos conteúdos em sala de aula. Partindo dessas premissas, o presente artigo objetiva apresentar possibilidades didáticas para o estudo da Geografia no município de Quevedos (RS) por meio de recursos geotecnológicos. Para a concretização deste trabalho, realizou-se um levantamento teórico sobre o tema. Após, realizou-se organização de possibilidades didáticas destinadas a alunos da Educação Básica do município de Quevedos (RS). Acredita-se que tais ferramentas podem transformar o ensino de Geografia em algo mais atrativo frente ao olhar dos estudantes do século XXI.

Palavras-chave: Ensino de Geografia. Cartografia Escolar. Sequência Didática.

ABSTRACT

Geotechnologies has been gaining more space in the school environment. This integration contributes significantly to the construction of geographical knowledge and the reasoning of classroom content. Like this, this paper aims to present educational opportunities for the study of Geography in the municipality of Quevedos (RS) through geotechnologies resources. For the realization of this work, there was a theoretical survey on the subject. After, there was developed of educational activities for pupils of Basic Education of the city of Quevedos (RS). It is believed that such tools can transform teaching of Geography into something more attractive front of the eyes of students of the XXI century.

Keywords: Geography Teaching. School Cartography. Didactic Sequence.

1 INTRODUÇÃO

A Geotecnologia é uma importante ferramenta para o ensino de Geografia, pois dinamiza as aulas e torna o conteúdo geográfico mais atrativo para os estudantes do século XXI. O uso dessas ferramentas acaba por se tornar quase que obrigatório no ambiente escolar, como forma de motivação dos alunos frente ao ensino de Geografia. Atualmente, além das tecnologias móveis, muitas escolas contam com laboratórios de informática e multimídias onde é possível ter acesso às Novas Tecnologias de Informação e Comunicação (NTIC) permitindo aos professores desenvolver trabalhos dinâmicos e interativos.

Dessa maneira, os mapas também [...] incorporaram novas linguagens e tecnologias, as competências/ capacidades/habilidades de uso, leitura e interpretação exigidas para participar da prática cidadã não podem ser as mesmas. Hoje, é preciso tratar da cartografia e das relações sociedade/ambiente de forma dinâmica, isto é, em tempo real (instantâneo) e fazer comparações entre diversos temas, espaços e tempos. A disponibilidade de imagens de satélite para

diferentes usos é uma realidade cotidiana nas mídias. Repórteres, autores, câmeras, publicitários, editores e cineastas utilizam imagens de satélite e recursos da cartografia, palavras de áudio e por escrito para transmitir informações sobre previsões de tempo, eventos, histórias ou questões (MARTINS; BECKER, 2014).

Com base nisso, é preciso que o professor de Geografia insira tais (geo) tecnologias no contexto do ensino para motivar os estudantes e fazer-lhes se interessarem pelos temas abordados nos currículos da disciplina. Essas tecnologias formam uma ferramenta para o processo de ensino-aprendizagem, que vem cooperar para uma melhor compreensão do espaço geográfico. Elas estão próximas ao cotidiano das pessoas, em especial de jovens e de crianças, na qual estão inseridas no mundo tecnológico. Partindo dessas premissas, o presente artigo objetiva apresentar possibilidades didáticas para o estudo da Geografia no município de Quevedos (RS) por meio de recursos geotecnológicos.

2 REFERÊNCIAL TEÓRICO

A educação geográfica tem a responsabilidade de conduzir os educandos à leitura do mundo, a começar pela compreensão do espaço vivido, isto é, a casa, a sala de aula, a escola, o bairro e o município, sem perder de vista o todo que influencia sobre esses espaços. Partindo do espaço conhecido, desperta curiosidade sobre o Planeta e conduz a vontade de descobrir as diferentes paisagens, elementos naturais e culturas existentes. Esse processo de descoberta pode ser estimulado pelo uso de geotecnologias enquanto ferramentas didáticas.

As geotecnologias vêm ganhando cada vez mais espaço no ambiente escolar. Essa inserção contribui significativamente para a construção de conhecimentos geográficos e para a dinamização dos conteúdos em sala de aula. Contudo, [...] muitos professores, não têm conseguido acompanhar o avanço da ciência geográfica e assim ficam presos aos manuais, que mantêm uma interpretação por descrição e classificação dos elementos da realidade, negando a diversidade de contextos nos quais os alunos estão inseridos. Com base nesta visão, nós professores de Geografia, buscamos referências bibliográficas e recursos educativos além do livro didático, para trazer elementos significativos ao cotidiano dos alunos na sala de aula. (FREISLEBEN; KAERCHER, 2014, p. 147).

Nesta perspectiva, o uso de geotecnologias pode ser muito interessante no contexto do ensino de Geografia e proporcionar aprendizagens mais significativas (com sentido) para os estudantes. Na atualidade “os mapas se desmaterializaram, passaram não apenas a serem produzidos por meio de computadores, como também são feitos para circularem no espaço das redes”, (CANTO, 2016, p. 755) isso possibilita a diversificação de recursos geotecnológicos no ensino e a inovação pedagógica em sala de aula.

Assim, o entendimento das novas tecnologias como máquinas amplificadoras da capacidade humana de produzir linguagens nos revela que, na contemporaneidade, os mapas não estão prontos e nem acabados; eles são uma linguagem em pleno crescimento. Suas diferentes formas de existir vão se misturando, se agregando, umas as outras, de maneira que não há como alcançá-los por inteiro e nem de maneira definitiva. Assim, não há como parar de estudá-los, de redescobri-los e, este é um aspecto importante a se considerar quando muito do trabalho que fazemos em sala de aula consiste em ensinar com mapas (CANTO, 2016, p. 759).

O uso de imagens digitais e/ou de satélites pode contribuir para uma análise do espaço vivido dos alunos, pois através delas pode ser identificada uma série de elementos que estão presentes no cotidiano dos discentes, tanto naturais como artificiais, dentre eles áreas agricultáveis, campestres, arbóreos e citadinos.

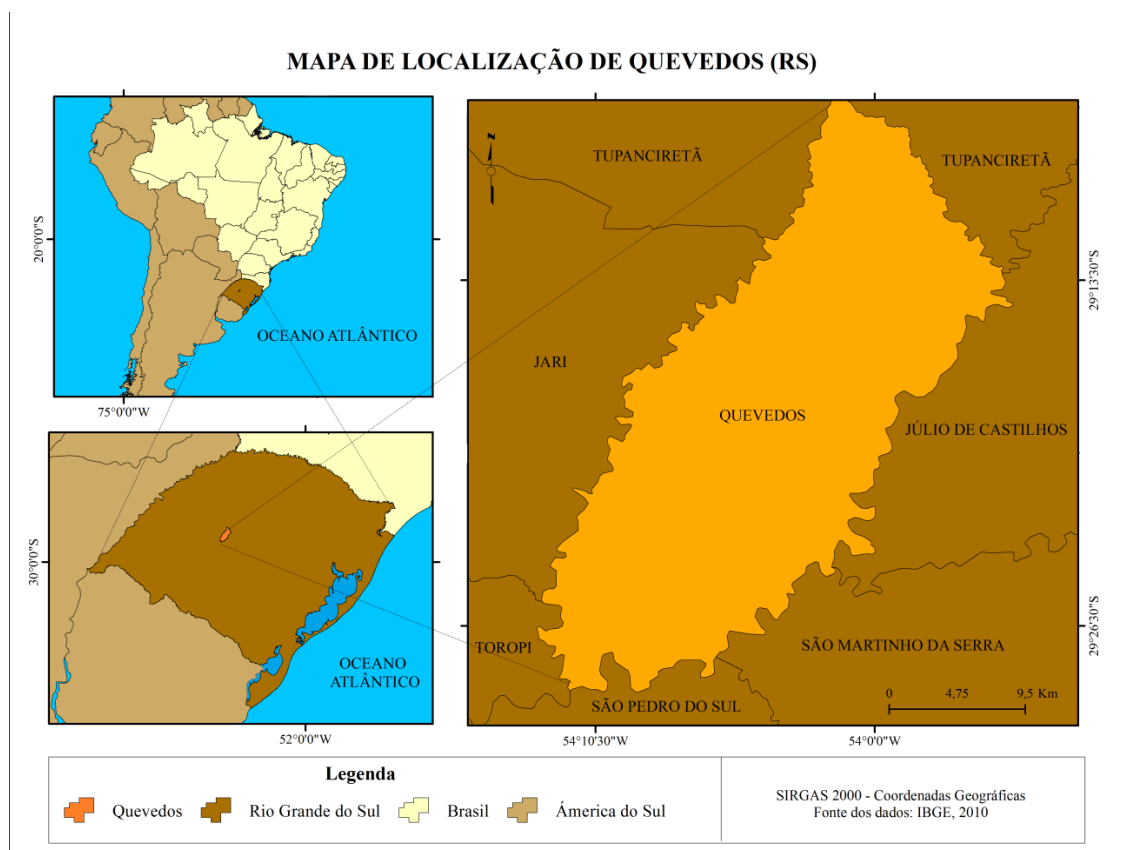
Desse modo, o ensino de Geografia com [...] a utilização de imagens de satélite, por exemplo, permite identificar e relacionar elementos naturais e socioeconômicos presentes na paisagem, tais como serra, planícies rios, bacias hidrográficas, matas, áreas agricultáveis, indústrias, cidades, bem como acompanhar resultados a dinâmica de seu uso, servindo, portanto, como um importante subsídio à compreensão das relações sociais e de suas consequências no uso e ocupação dos espaços (SANTOS, 2002, p.57).

Além dos usos elencados, também há provável motivação por parte dos alunos, pois seria uma atividade diferente do que estão acostumados, logo teriam uma curiosidade pela temática proposta. Os Parâmetros Curriculares Nacionais reforçam o uso de tecnologias voltadas a educação, como a do sensoriamento remoto, que faz parte do universo das geotecnologias (BRASIL, 1998). Portanto, mais do que nunca, as geotecnologias, como ferramentas de ensino, emergem como um campo de investigação e de qualificação da educação básica que precisa ser explorado e debatido enquanto possibilidade teórica e metodológica do ensino de Geografia.

3 METODOLOGIA

Para a concretização deste trabalho realizou-se um levantamento sobre o tema, destacando-se a importância de utilizar ferramentas geotecnológicas no ensino de Geografia. Após, realizou-se organização das possibilidades didáticas destinadas a alunos da Educação Básica do município de Quevedos (RS), localizado no Rio Grande do Sul, conforme apresentado na figura 1.

Figura 1 - Mapa de localização do município de Quevedos, RS.



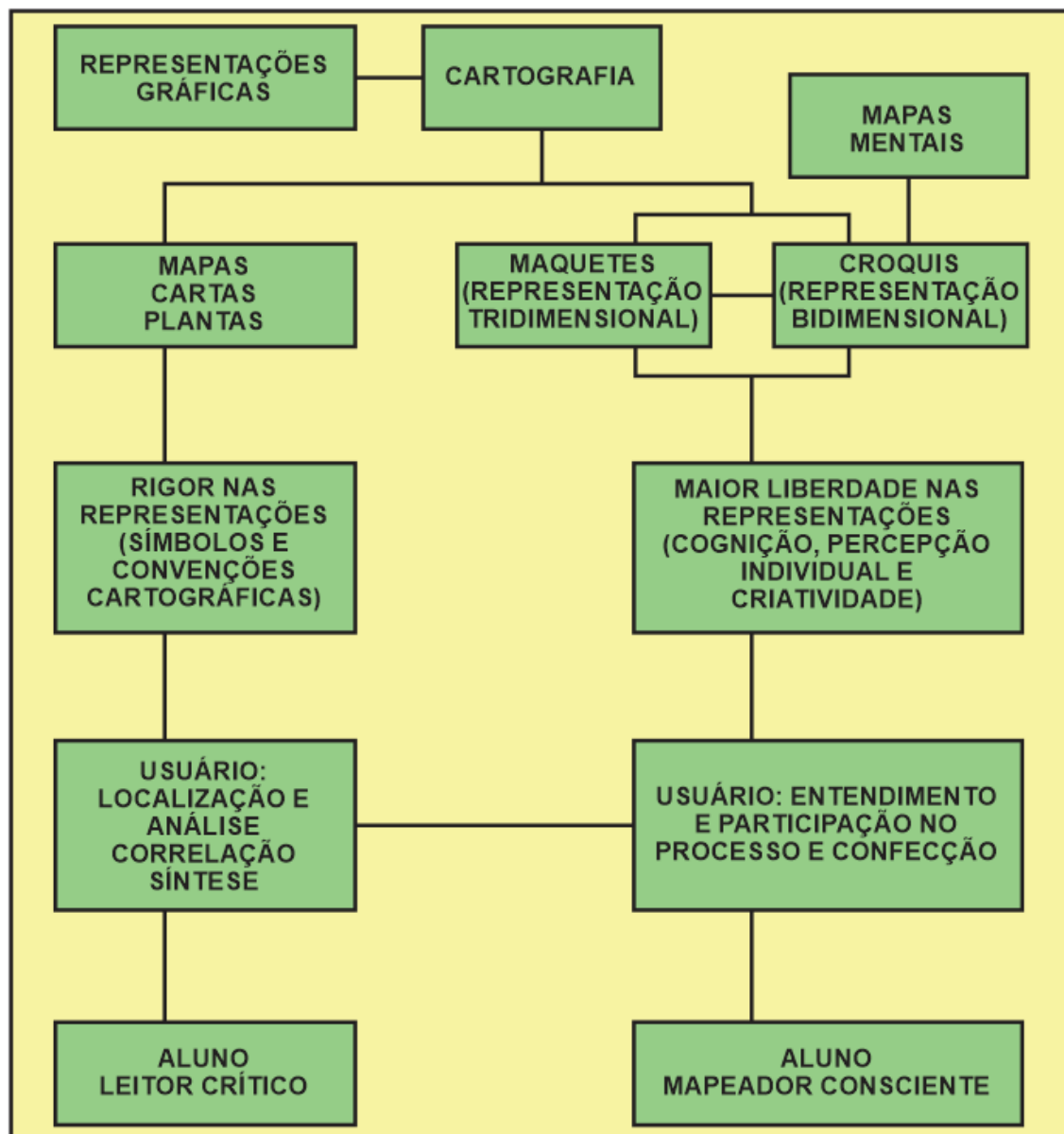
Fonte: BATISTA, N. L., 2016.

As propostas são destinadas para alunos de primeiro ano do Ensino Médio e buscou integrar mapas oriundos de ferramentas como o *Google Earth*, o *QGIS 2.14* e recursos de ensino produzidos pelos autores. A seguir, no item 4, apresenta-se as possibilidades de dinamização para o ensino de Geografia.

4 POSSIBILIDADES DIDÁTICAS PARA O ENSINO DE GEOGRAFIA

De acordo com Simielli (1999) que a abordagem da Cartografia Escolar, no ensino de Geografia, pode percorrer dois caminhos principais: o primeiro conduz a um aluno como leitor crítico da representação cartográfica, por meio da leitura de mapas, cartas e plantas, e o segundo a um aluno mapeador consciente, com a elaboração de mapas mentais, maquetes e croquis, como observado na figura 2.

Figura 2 - A Cartografia no ensino de Geografia.



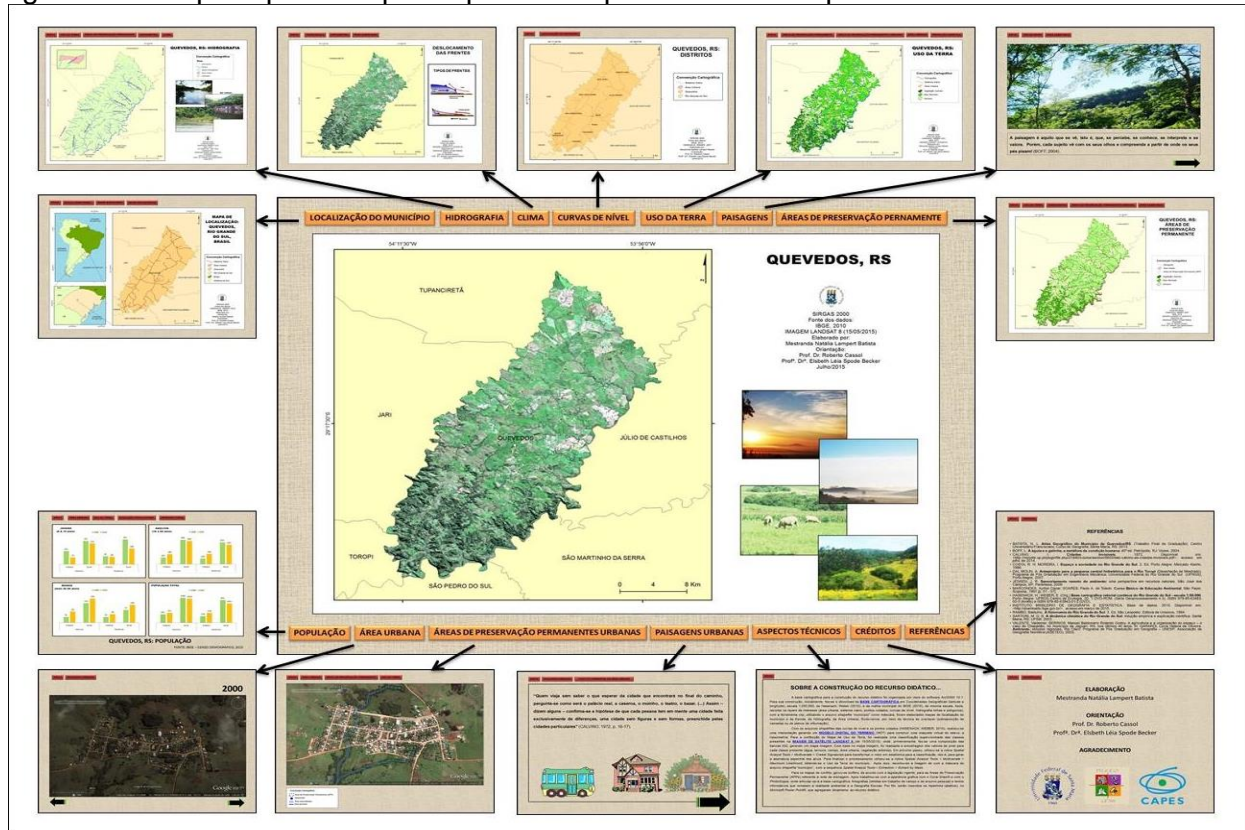
Fonte: Simielli, M.E., 1999 (adaptado).

As geotecnologias podem estar inseridas nesses dois caminhos, pois é possível que o aluno leia criticamente mapas elaborados e imagens de satélite, bem como que ele mapeie o espaço geográfico com o auxílio de softwares como o *Google Earth* e o *QGIS 2.14.3*. OS recursos didáticos apresentados foram escolhidos com intuito de agregar essas duas possibilidades metodológicas para a construção de conhecimentos cartográficos no município de Quevedos.

Como alternativa ao desenvolvimento de habilidades e competências que conduzam ao aluno mapeador crítico, pode-se utilizar o Hipermapa de Quevedos (figura 3), que enfatiza as

diferentes características do município por meio de mapas temáticos, imagens do *Google Earth* e fotografias (BATISTA, 2015).

Figura 3 - Tela principal do Hipermapa e suas possibilidades exploratórias.



Fonte: BATISTA (2015, p. 91).

A Tela Principal do Hipermapa, de onde parte todos os caminhos e para onde todas as Telas Temáticas Secundárias tendem a retornar, possibilita que o aluno comece a explorar o material por 14 caminhos diferentes. Cada caminho abre múltiplas outras possibilidades de leitura e de entendimento do espaço geográficos local. Em aplicação anterior, observou-se que “os alunos sentiram-se motivados a pensarem sobre o ambiente local, o que permitiu identificar que esse material colabora na sensibilização e na concretização da Educação Ambiental” (BATISTA, 2015, p. 119), bem como para a identificação de paisagens e de características geográficas do município em questão.

Assim, segundo Silva e Cassol (2009) a representação dos elementos espaciais contribui significativamente para que os alunos aprendam a analisar geograficamente o cotidiano e a construir uma consciência espacial sobre os fenômenos e grupos envolvidos no processo de ensino e aprendizagem.

No *Google Earth*, podem-se explorar as características físicas do espaço local, conforme a figura 4.

Figura 4 - Tela do *Google Earth* mostrando a tridimensionalidade do relevo em Quevedos.

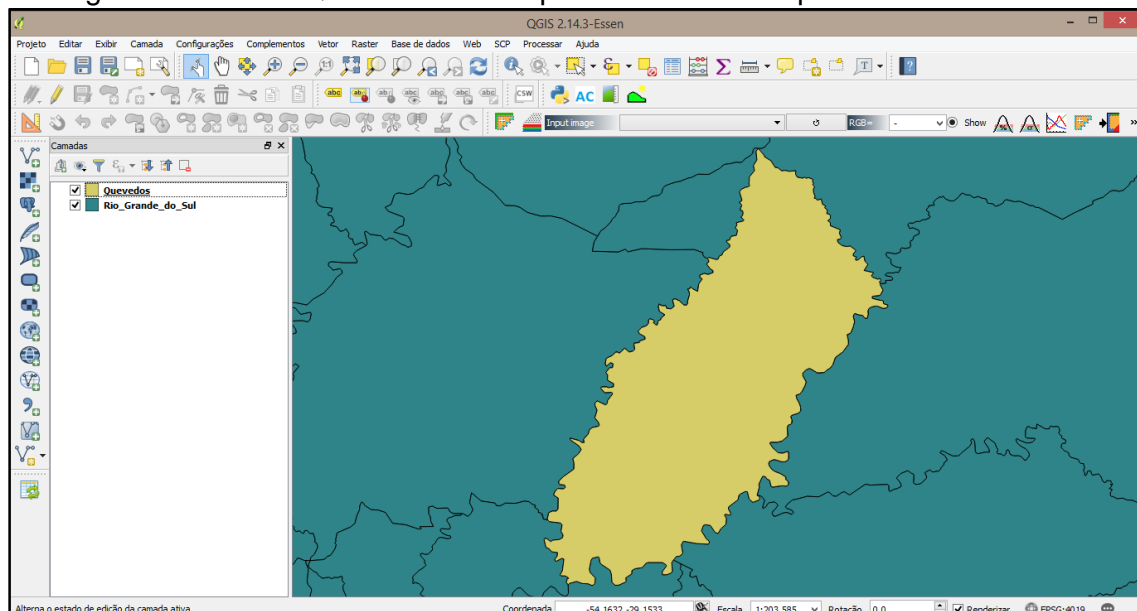


Fonte: Google Earth (2016).

O exemplo apresentado remete a tridimensionalidade do relevo, com ampliação da elevação de três vezes e possibilitando, por exemplo, o entendimento de conceitos geográficos como curvas de nível, perfil topográfico, formas de relevo, além do comportamento da rede de drenagem, que estão situadas em áreas de menor altitude quando comparadas com suas margens, formando um vale.

Já como possibilidade para o desenvolvimento de um aluno mapeador consciente, pode-se utilizar o QGIS 2.14.3, realizando-se mapeamentos com o auxílio do software, que é possui código aberto e pode ser instalado para fins didáticos no laboratório das escolas de Educação Básica, evidenciando características físicas, populacionais, econômicas, de uso da terra, etc., da realidade que os cerca, compreendendo assim o seu espaço vivido o que colabora para comparações de outras regiões.

Figura 4 - Tela do QGIS 2.14.3 uma possibilidade de mapeamento com alunos.

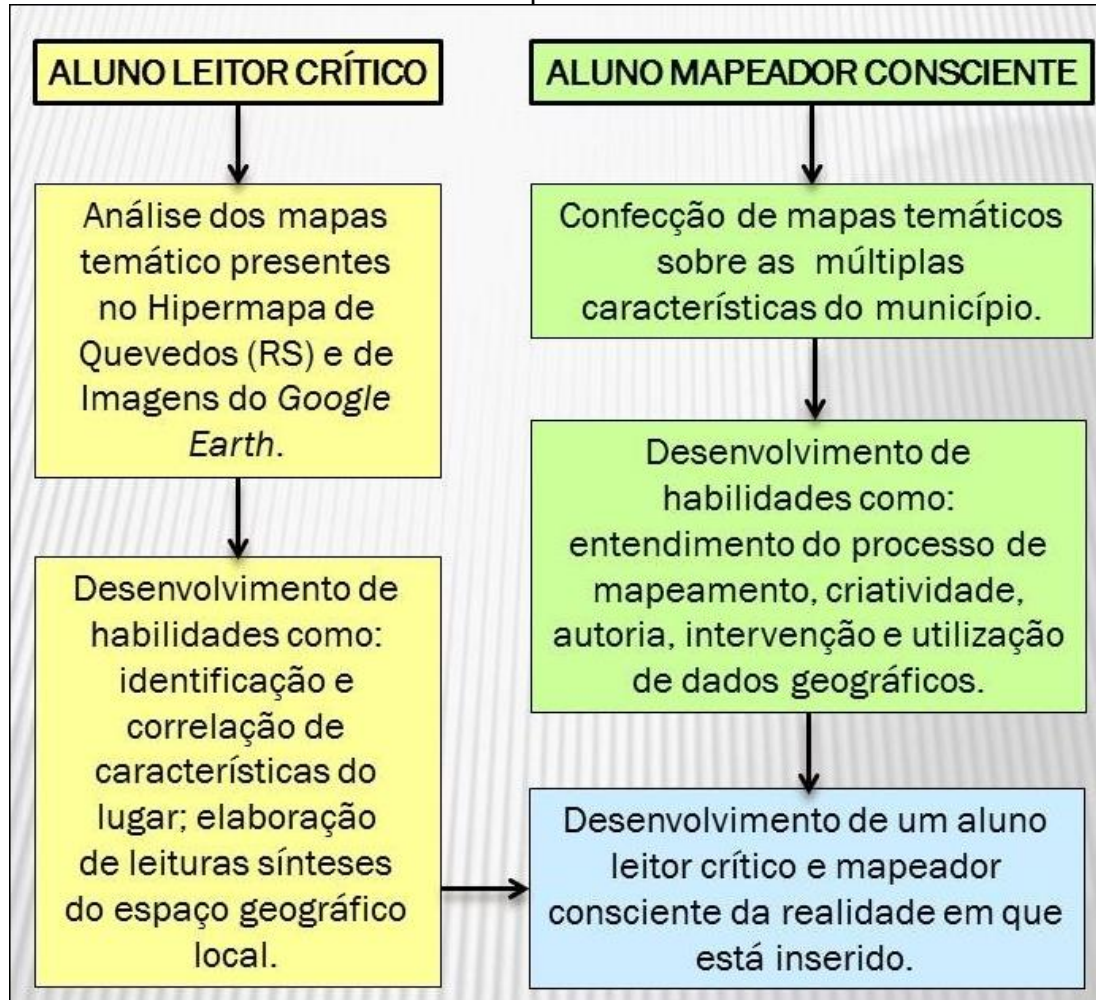


Fonte: QGIS 2.14.3 (2016).

Partindo dessas possibilidades metodológicas, delineou-se um mapa esquemático apresentando como essas ferramentas podem ser articuladas para a construção de conhecimentos geográficos por meio de Geotecnologias no município de Quevedos, destacando

as habilidades a serem desenvolvidas em todos os procedimentos, conforme destacado na figura 5.

Figura 5 - Habilidades a serem desenvolvidas pelos estudantes.



Fonte: Elaborado pelos autores (2016).

O ato de mapear possibilita ao aluno compreender os procedimentos presentes na confecção do produto cartográfico e isso conduz a uma compreensão mais eficaz da realidade. Além disso, para a realização da leitura crítica de um mapa é preciso que o educando compreenda que essa representação possui um vínculo direto com a representação do espaço, vivido ou ausente. Além disso, é preciso explorar os diversos elementos que compõe a representação cartográfica. Os símbolos, as cores e as relações que existem com o mundo. As representações cartográficas ultrapassam a mera descrição do espaço. São subsídios indispensáveis à tomada de decisão e a espacialização dos elementos que o compõem. (BATISTA, 2015, p. 89).

Portanto, a proposta pode contribuir com o ensino de Geografia no município de Quevedos e divulgar o uso de Geotecnologias como ferramenta didática em sala de aula.

5 CONCLUSÕES

Com a crescente disseminação das tecnologias, o processo educativo formal vem inserir novas perspectivas de ensino e se alia, cada vez mais, numa pedagogia alternativa, cuja meta é contribuir para a relação do processo ensino-aprendizagem no qual o conhecimento

passa a ser resultado de pesquisas e experiências. Assim, a proliferação tecnológica instiga a busca de novas composições textuais, sendo estas constituídas por elementos advindos das múltiplas formas da linguagem (escrita e visual).

O espaço concedido à imagem ampliou-se consideravelmente e as mensagens presentes nas práticas cotidianas de comunicação trazem consigo não apenas a linguagem verbal escrita, mas também um amplo contingente de recursos visuais. E sob este aspecto que os recursos digitais ganham espaço no processo ensino-aprendizagem. Na cartografia, os mapas e seus signos aliados às imagens (fotografias, desenhos) revelam as particularidades dos conceitos geográficos e despertam a atenção dos alunos.

Assim, a partir do que foi apresentado anteriormente, acredita-se que as geotecnologias como recursos didáticos podem contribuir significativamente com o ensino de Geografia, desenvolvendo habilidades e competências essenciais a leitura e a confecção de mapas.

Espera-se que as propostas de recursos didáticos possam subsidiar e motivar os educadores geográficos a desenvolverem atividades utilizando geotecnologias em sala de aula no município de Quevedos.

REFERÊNCIAS

BATISTA, N. L. **A Cartografia Escolar no processo de ensino-aprendizagem: o Hipermapa e sua utilização na Educação Ambiental, em Quevedos/RS.** (Dissertação de Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Geografia. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2015.

CANTO, T. S. **O mapa como linguagem líquida: novas possibilidades para a Cartografia Escolar** In: IX Colóquio de Cartografia para Crianças e Escolares, 2016, Goiânia. Anais... Goiânia: UFG, 2016. v. 1. p. 753-759.

FREISLEBEN, A. P.; KAERCHER, N. A. **Como usar de forma criativa o google earth, maps, street view e desenhos manuais de mapas nas aulas de cartografia.** In: Revista Para Onde!?, v. 8, n. 2, p. 147-153, ago./dez. 2014.

MARTINS, G. S.; BECKER, E. L. S. **Cartografia e sensoriamento remoto para o ensino da geografia do lugar - Santa Maria, RS, Brasil.** In: Revista Disciplinarum Scientia. Série: Ciências Humanas, Santa Maria, v. 15, n. 2, p. 143-160, 2014.

SIMIELLI, M. E. R. Cartografia no ensino fundamental e médio. In: CARLOS, A. F. A. A. (Org.). **Geografia em sala de aula.** São Paulo: Contexto, 1999.

SILVA, V. O. da; CASSOL, R. **Evolução da Cartografia no ensino da Geografia: um olhar sobre os caminhos percorridos.** In: Geografia: Ensino & Pesquisa, Santa Maria, RS, v. 14, n. 1, p. 85-93, 2010.

SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEORREFERENCIADO PARA O GERENCIAMENTO DA FRUTICULTURA E DA OLERICULTURA *System Georeferenced Information Management of Fruticulture and Olericulture*

Amanda Suarez Bittencourt¹, Kendy Mitchel Pereira Hayashi², Marinêz da Silva³, Daniel Lichtnow⁴, Alessandro Carvalho Miola⁵, Gustavo Pinto Da Silva⁶

¹²³⁴⁵⁶ Colégio Politécnico da UFSM - Universidade Federal da UFSM (UFSM), Prédio 70, Av. Roraima nº 1000, 97.105-900, Santa Maria, RS, Brasil, amandasuarez00@gmail.com¹, kehayashi@hotmail.com², marinez.silva@politecnico.ufsm.br³, dlichtnow@gmail.com⁴, alessandro@politecnico.ufsm.br⁵, gustavo.pinto@politecnico.ufsm.br⁶

RESUMO

Este trabalho tem por objetivo apresentar um sistema Web que utiliza banco de dados geográfico, desenvolvido para atender uma demanda existente nos arranjos produtivos locais da fruticultura e da olericultura, nos municípios da Região Central do RS, onde foi definido Santiago como município piloto. Para o desenvolvimento do sistema foram utilizados os softwares: PostgreSQL/PostGIS, PHP5 e o servidor HTTP Apache. O sistema desenvolvido tem demonstrado ser uma ferramenta importante para análise dos dados das atividades de fruticultura e olericultura da área de estudo, além do banco de dados geográfico oferecer aos pesquisadores a possibilidade de realizar, futuramente, uma série de análises.

Palavras-chave: Sistema WEB. Banco de Dados Espacial. Agricultura.

ABSTRACT

This work presents a Web system that uses geographic database designed to meet an existing demand in the local clusters of fruticulture and olericulture, in the municipalities of RS Central Region, where Santiago was defined as a pilot municipality. For the development of system software were used: PostgreSQL / PostGIS, PHP5 and Apache HTTP server. The developed system has proven to be an important tool to analyse of fruticulture and olericulture activities, in addition the geographic database offers to researchers, in a near future, some possibility of analysis.

Keywords: WEB system. Spatial Database. Agriculture.

1 INTRODUÇÃO

Tanto a fruticultura, quanto a olericultura são produções, na maioria dos casos, desenvolvidas em micro, pequenas e médias propriedades. Mesmo apresentando-se, frequentemente, como prática alternativa para a complementação da renda da família rural, essas culturas agregam recursos para a economia das comunidades produtoras, pois existem centenas de fruticultores e horticultores na Região Central do Estado.

Mais ou menos tecnificados, os produtores de frutas e hortaliças distribuem-se no espaço em áreas concentradas, geralmente próximas às sedes das propriedades rurais. Mantém a produção a partir da mão de obra familiar, o que resulta em menor ônus tributário e “maior” margem de lucro. Todavia, muitos fruticultores e horticultores não têm o conhecimento amplo a respeito de onde se inserem ambiental, social e mercadologicamente.

Muitas produções são colhidas e entregues no local do pomar, para ser transportada e armazenada por atravessadores, que dispõem de veículos, galpões e refrigeração para a manutenção da longevidade e naturalidade das frutas e vegetais. Mesmo os produtores, que não dispõem de meios para colher, armazenar e transportar a produção até os mercados e feiras de abastecimento, necessita de informações gerenciais sobre a matriz produtiva na qual atuam.

Informações sobre a vocação ou aptidão de sua georreferência para a fruticultura, até a consulta sobre a melhor rota, mais curta e/ou mais rápida, que podem fazer nos deslocamentos entre mercados e feiras, entre fornecedores de insumos e a propriedade. Informações como essas permitem a definição de indicadores sobre as fragilidades (fraquezas) do mercado da fruticultura e olericultura, assim como quanto às riquezas que as comunidades produtoras podem alcançar, pela força de suas regionalidades.

Os Sistemas e Aplicações baseadas na Web (WebApp) “evoluíram para sofisticadas ferramentas computacionais que não apenas oferecem funções especializadas (stand-alone functions) ao usuário, como também foram integradas aos bancos de dados corporativos e às aplicações de negócio” (PRESSMAN, 2016, p.9). Entende-se que esta categoria de sistema oferece os recursos necessários para atender as necessidades da área em questão.

Sendo assim, este trabalho visa apresentar um Sistema Web que utiliza banco de dados geográfico, que foi desenvolvido para atender uma demanda existente nos arranjos produtivos locais da fruticultura e da olericultura nos municípios da Região Central do RS. O trabalho é fruto de projetos aos quais estão vinculados a um grupo de pesquisadores (professores e alunos) de áreas multidisciplinares que mantêm outros projetos em paralelo a fim de atender uma demanda existente nos arranjos produtivos locais da fruticultura e da olericultura.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 MATERIAIS

A delimitação territorial da área de pesquisa dos projetos, aos quais está relacionado o desenvolvimento do sistema apresentado, abrange a Região Central do RS, que, conforme dados do IBGE, constitui-se dos municípios da distribuição geográfica dos Territórios da Cidadania, que abrange uma área de 32.457,00 Km² e é composto por 34 municípios: Agudo, Cacequi, Cachoeira do Sul, Capão do Cipó, Dilermando de Aguiar, Dona Francisca, Faxinal do Soturno, Formigueiro, Jari, Mata, Nova Esperança do Sul, Nova Palma, Quevedos, Santiago, São João do Polêsine, São Martinho da Serra, Silveira Martins, Tupanciretã, Unistalda, Vila Nova do Sul, Itaara, Ivorá, Jaguari, Júlio de Castilhos, Novo Cabrais, Paraíso do Sul, Pinhal Grande, Restinga Seca, Santa Maria, São Francisco de Assis, São Pedro do Sul, São Sepé, São Vicente do Sul e Toropi.

A partir desta delimitação o município de Santiago representado na Figura 1, foi definido como piloto para a aplicação de materiais e métodos do projeto.

Figura 1 - Localização do Município de Santiago



Fonte: Autor, 2016.

Utilizou-se o software brModelo para modelagem do banco de dados e para a sua implementação foi utilizado o PostgreSQL/PostGIS. Além disso, usou-se a linguagem de programação PHP5 e o servidor HTTP Apache2 para o desenvolvimento do Sistema Web.

2.2 MÉTODOS

Em uma fase inicial do projeto, foram levantados os requisitos do banco de dados através da coleta de dados usando como instrumento um questionário elaborado por integrantes do projeto.

O questionário envolve dados das mais variadas áreas que são:

- Dados da propriedade, localizando – a no município e espacialmente no espaço terrestre através de coordenadas geográficas utilizando o Datum Sirgas 2000;
- Caracterização do núcleo familiar (parentesco, sexo, data nascimento, escolaridade e ocupação);
- Em relação a propriedade, a condição de posse (área própria, arrendada, parceira);
- Quantificação da Mão de obra familiar utilizada e em caso de ser contratada em que meses do ano e/ou se é diarista, quantos e em que meses do ano;
- As principais atividades da propriedade em ordem de importância;
- Ano de início das atividades de olericultura e fruticultura;
- O percentual de renda que as atividades de olericultura e/ou fruticultura alteram a renda total da propriedade;
- Principal referência no incentivo e apoio para exercer a atividade, em ordem de importância;
- Dados sobre fonte de água, controle de pragas e doenças, produção orgânica e problemas com as atividades exercidas;
- Em relação ao mercado e percentuais de distribuição em cada tipo de mercado;
- Sobre a atividade realizada na propriedade (tipo de cultivar, ano de implantação, área plantada, se a produção é suficiente ou não e se tem intenção de ampliar a área desse cultivo);
- Em havendo a intenção de ampliar a área procurou-se levantar com que tipo de cultivo seria a ampliação, se haveria algum cultivo não produzido na atualidade.

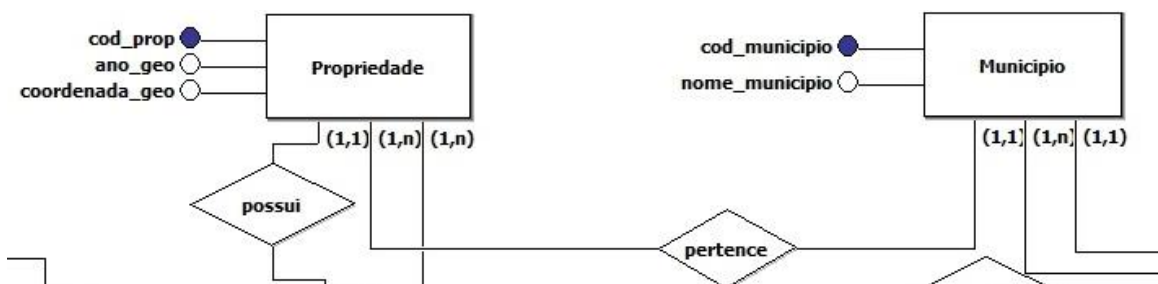
Na fase seguinte usando o software brModelo realizou-se a modelagem do banco de dados, sendo construído o Diagrama Entidade-Relacionamento (Figura 2).

A Figura 3 destaca a entidade propriedade com a geometria ponto que permite informar as coordenadas coletadas em cada propriedade. Ao agregarmos aos dados da propriedade a coordenada, tem-se a possibilidade de realizar várias análises espaciais no banco de dados, ou seja, analisar os dados alfanuméricos armazenados em relação a sua localização espacial, como por exemplo: distância dos produtores aos mercados que distribuem a sua produção.

Cabe salientar que houve mudanças na estrutura do banco de dados decorrentes de mudanças nos instrumentos de coleta. Estes instrumentos foram revisados a partir das experiências vivenciadas na sua aplicação e da discussão entre os participantes. Neste sentido, o processo de modelagem do banco de dados influenciou na elaboração de novas versões do instrumento de coleta.

O banco de dados foi implementado através do PostgreSQL/PostGIS. Já o sistema foi construído utilizando a linguagem de programação PHP.

Figura 3 - Fragmento do DER, entidade propriedade.



Fonte: Autor, 2016.

3 RESULTADOS

O sistema desenvolvido será apresentado seguindo a sequência dos formulários que devem ser utilizados durante a inclusão dos dados.

O uso do sistema inicia-se pelo login do sistema (Figura 4) que disponibiliza a tela de abertura do sistema (Figura 5) para posteriormente identificar a propriedade com as suas respectivas coordenadas (Figura 6) que são visualizadas no Google Maps.

Figura 4 - Login do Sistema.



Fonte: Autor, 2016.

Figura 5 - Formulário de abertura do sistema



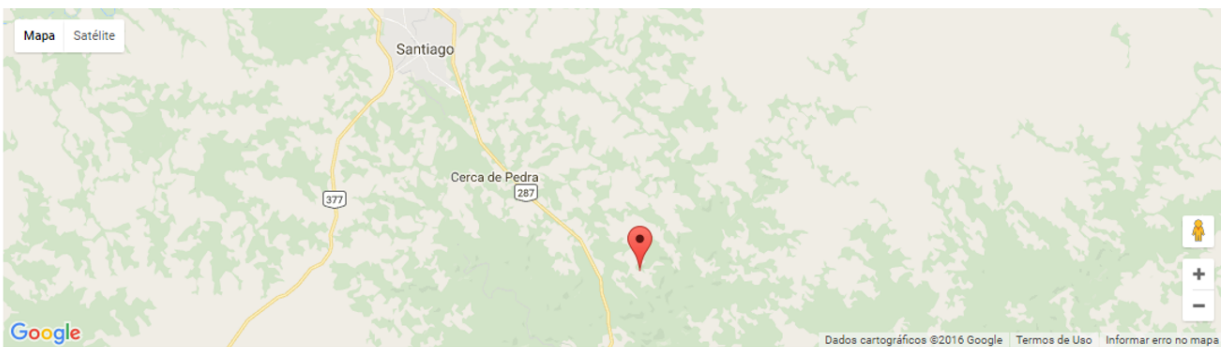
Fonte: Autor, 2016.

Figura 6 - Identificação da propriedade

HOME NOVO FORMULARIO EDITAR FORMULARIO CONTATO SAIR

COLÉGIO POLITÉCNICO DA UFSM
EMATER/RS ASCAR - SECRET MUNIC DE AGRICULTURA E PECUÁRIA DE SANTIAGO - SINDICATO DOS TRABALHADORES RURAIS DE SANTIAGO
COLETA DE DADOS - PROJETO DE GEORREFERENCIAMENTO DA FRUTICULTURA DA REGIÃO CENTRAL

Identificação	
Código da propriedade:	91
Município:	Santiago
Distrito:	Outros
Localidade:	Outros
Latitude:	29.000011
Longitude:	51.700001



Mapa Satélite

Santiago

Cerca de Pedra

Dados cartográficos ©2016 Google Termos de Uso Informar erro no mapa

Fonte: Autor, 2016.

O sistema também recebe dados do núcleo familiar que reside na propriedade (Figura 7) e os demais dados referentes à propriedade (Figura 8).

Figura 7 - Dados da propriedade, do formulário, caracterização do núcleo familiar e mão-de-obra.

Dados formulário					
Nome do cadastrador:					
Data do formulário:					
Telefone da propriedade:					

Caracterização do núcleo familiar					
Nome(opcional)	Parentesco	Sexo	Data nasc	Escolaridade	Ocupação
	responsavel	F			Selecione ocupação
	cônjuge	M			Selecione ocupação

Em relação a propriedade					
1. Condição de posse: <input checked="" type="checkbox"/> própria ha <input type="text"/> <input type="checkbox"/> arrendada ha <input type="text"/> <input type="checkbox"/> parceria ha <input type="text"/>					
2. Mão de obra:					
<input type="checkbox"/> somente familiar					
<input type="checkbox"/> contratada (quantidade de pessoas)	jan	fev	mar	abr	mai
	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/> diarista (diárias de trabalho)	jun	jul	ago	set	out
	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
3. Quais as principais atividades da propriedade rural em ordem de importância?					
* 1. OLERICULTURA					
* 2. MILHO					

Fonte: Autor, 2016.

Figura 8 - Dados sobre a atividade da propriedade, motivação e incentivo da atividade.

4. Em que ano iniciou: Na olericultura? 1984	Na fruticultura?
5. Em percentual quanto a fruticultura altera a renda total da propriedade (0 a 100%)? <input checked="" type="radio"/> Nenhum <input type="radio"/> Até 20% <input type="radio"/> De 20-40% <input type="radio"/> De 40-60% <input type="radio"/> De 60-80% <input type="radio"/> Mais de 80%	
6. Em percentual quanto a olericultura altera a renda total da propriedade (0 a 100%)? <input type="radio"/> Nenhum <input type="radio"/> Até 20% <input type="radio"/> De 20-40% <input type="radio"/> De 40-60% <input checked="" type="radio"/> De 60-80% <input type="radio"/> Mais de 80%	
7. Quais foram as motivações iniciais para atuar na Fruticultura e/ou Olericultura? <input type="checkbox"/> Vem de geração em geração <input checked="" type="checkbox"/> Oportunidade de renda visualizada <input type="checkbox"/> Presença de uma política ou ação pública <input type="checkbox"/> Motivada pela extensão rural <input type="checkbox"/> Outros	
8. Qual é a principal referência no incentivo e apoio para exercer a atividade(enumerar em ordem de importância)?	
<input checked="" type="radio"/> 1. Selecione incentivo e apoio	
<input type="radio"/> 2. Selecione incentivo e apoio	
<input type="radio"/> 3. Assistência técnica privada	
<input type="radio"/> 4. Selecione incentivo e apoio	
<input type="radio"/> 5. Selecione incentivo e apoio	
<input type="radio"/> 6. Selecione incentivo e apoio	
<input type="radio"/> 7. Selecione incentivo e apoio	
<input type="radio"/> 8. Selecione incentivo e apoio	
<input type="radio"/> 9. EMATER/RS ASCAR	
Observação outros: COPERSAFRA	

Fonte: Autor, 2016.

Nos formulários apresentados na Figura 9, o usuário deverá informar dados referentes às técnicas e/ou o nível tecnológico usado na propriedade e na Figura 10 inclui-se dados sobre fonte de água, controle de pragas e doenças, produção convencional e orgânica e problemas com a atividade desenvolvida.

Figura 9 - Dados em relação às técnicas/tecnologias utilizadas na propriedade.

Em relação às Técnicas/Tecnologia
9. Em relação ao nível tecnológico da atividade:
a. Em relação ao cultivo: <input checked="" type="checkbox"/> Solo <input type="checkbox"/> Semi-hidropônico <input type="checkbox"/> Hidropônico
b. Tipo de pulverizador: <input checked="" type="checkbox"/> Costal/Manual <input type="checkbox"/> Costal/Bateria <input type="checkbox"/> Turbo-atomizador Costal <input type="checkbox"/> Turbo-atomizador motorizado <input type="checkbox"/> Outros
c. Tração: <input checked="" type="checkbox"/> Manual <input type="checkbox"/> Animal <input type="checkbox"/> Mecanizada <input type="checkbox"/> Micro-trator <input checked="" type="checkbox"/> Trator
d. Irrigação: <input checked="" type="checkbox"/> Não tem <input type="checkbox"/> Gotejamento <input type="checkbox"/> Micro-aspersão <input type="checkbox"/> Aspersão
e. Adubação: <input type="checkbox"/> Fertirrigação <input checked="" type="checkbox"/> Adubação química <input type="checkbox"/> Adubação orgânica <input type="checkbox"/> Não faz

Fonte: Autor, 2016.

Figura 10 - Dados sobre fonte de água, controle de pragas e doenças, produção convencional e orgânica e problemas com a atividade.

f. Plasticultura:

☐ Não tem

☐ Túnel baixo

☐ Estufas

☒ Outros Sombrite

g. Fonte de água:

☐ Corsan

☐ Fonte comunitária

☐ Açude

☒ Sanga/rio

☐ Poço

☐ Poço artesiano

h. Controle de pragas e doenças:

☐ Integrado

☐ Orgânico

i. Atribua de 1 a 10 para sua produção, sendo 01 convencional e 10 produção orgânica: 8

10. Quais os principais problemas com a atividade?

☐ Falta de apoio governamental

☒ Acesso – estradas

☒ Mercado incerto

☐ Problemas com mão de obra

☒ Incidência de doenças, pragas e ervas daninhas

☒ Intempéries (geadas, ventos, chuvas, solo ruim)

☐ Alta necessidade de recursos para investimento

☒ Dificuldades no acompanhamento técnico

☐ Qualificação técnica

☐ Perspectiva de continuidade(sucesso)

☐ Outros

Fonte: Autor, 2016.

Através do formulário, representado pela Figura 11, cadastra-se o que é produzido na propriedade, definindo inicialmente o tipo de atividade (fruticultura ou olericultura/horticultura). A partir desta seleção, o sistema oferece a funcionalidade de seleção dinâmica de culturas e cultivares: funcionalidade que carrega dados de acordo com o que foi selecionado. Se o usuário escolher “fruticultura”, serão carregados somente as frutas. O mesmo vale para olericultura. Ao selecionar uma cultura, acontece o mesmo, serão carregados as cultivares daquela cultura escolhida, impossibilitando a entrada de dados inconsistentes.

Figura 11 - Dados sobre a atividade realizada na propriedade e ampliação de culturas.

Tipo	Tipo de fruta/olerícola	Tipo de cultivar	Ano de implantação (p/ frutas)	Área plantada		Nº safras /ano	Quant. produzida /ano	Unidade	A Produção é suficiente	Intenção de ampliar área desse cultivo
				nº plantas	ha ou m linear					
Olericultura	ALFACE	Selecione c			500	m²	720	pés	----	----
Olericultura	BETERRABA	Selecione c				---	240	kilos	----	----
Olericultura	COUVE	Selecione c				---		---	----	----
Olericultura	REPOLHO	Selecione c				---		---	----	----
Olericultura	RUCULA	Selecione c				---		---	----	----
Olericultura	TEMPERO	Selecione c				---	240	maços	----	----
Olericultura	MANDIOCA	Selecione c				---	720	kilos	----	----
Olericultura	BATATA	Selecione c				---	240	kilos	----	----
Olericultura	MILHO	MILHO VEF				---		---	----	----
Fruticultura	MORANGO	Selecione c				---	360	kilos	----	----

Adicionar linha na tabela

Ampliar cultura

11. Possui intenção de ampliar a área com que tipo de cultivo que nao produz na atualidade?

1. Selecione cultura

Fonte: Autor, 2016.

Conclui-se o armazenamento dos dados ao informar o percentual de cada tipo de mercado onde é comercializada a produção da propriedade (Figura 12).

Figura 12 - Dados sobre mercado utilizado para distribuir a produção.

Tipo de mercado	Percentual em cada tipo de mercado(%)	
	Frutas	Hortigranjeiros
1) Feira livre		
2) Coopertiva		
3) Mercado Institucional da Alimentação Escolar		80.00
4) Mercado Institucional do PAA		
5) Comercialização na propriedade		
6) Vendas com entregas em domicílio		
7) Pequeno e médio comercio		
8) Redes de supermercados		
9) Restaurante		
10) Padaria e Sorveteria		
11) Agroindustrializa na própria propriedade		
12) Comercializa para agroindústrias		
13) Ponto de venda na estrada		
14) Outros		20.00
Observação outros:	Prefeitura	

Fonte: Autor, 2016.

4CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sistema Web desenvolvido tem demonstrado ser uma ferramenta importante para o gerenciamento dos dados das atividades de fruticultura e olericultura da área de estudo.

No entanto, além do sistema ser uma ferramenta de gerenciamento agrega em seu banco de dados geográfico uma série de dados onde estão sendo testadas técnicas de mineração de dados no intuito de obter informações correlacionadas e que possam ter alguma relevância aos pesquisadores envolvidos.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Colégio Politécnico da UFSM pela concessão de bolsa de pesquisa ao primeiro e segundo autor através do Edital conjunto de circulação interna 2015/2016.

REFERÊNCIAS

PRESSMAN, R. S. **Engenharia de Software: uma abordagem profissional**. 8. ed. Porto Alegre: AMGH, 2016.

VARIABILIDADE ESPACIAL DA RESISTÊNCIA DO SOLO À PENETRAÇÃO E SUAS CORRELAÇÕES COM DIFERENTES PROPRIEDADES FÍSICAS SOB DIFERENTES USOS DE SOLO

*Spatial variability of soil resistance to penetration and correlations with
different physical under different land uses*

Thiago Floriano Cardoso¹, Júlio Cesar Wincher Soares², Claiton Ruviano², Daniel Nunes Krum¹, Guilherme Fávero Rosado¹, Gustavo Lamana¹, Lenon Vaz¹, Nádia Mariane Mucha¹, Dalvan José Reinert³

¹Graduando (a) em Agronomia. Laboratório de Solos da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - URI Campus Santiago. Avenida Batista Bonoto Sobrinho, nº 733, Santiago - RS, CEP 97700-000. lenonvaz7@outlook.com

² Professor Dr. do Curso de Agronomia. Laboratório de Solos da URI, Campus Santiago. Avenida Batista Bonoto Sobrinho, nº 733, Santiago - RS, CEP 97700-000. juliowincher@gmail.com, ruviaro@urisantiago.br

³ Professor PhD da Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, departamentos de Solos. Av. Roraima, 1000, Prédio 42, Santa Maria - RS. dalvan@ufsm.br

RESUMO

As características físicas dos solos são de extrema relevância para a definição da sua capacidade de uso, suas propriedades possuem estreita correlação, condicionando o plano de manejo agrossilvipastoril. Objetivou-se no presente trabalho avaliar a variabilidade espacial da resistência mecânica do solo à penetração (RP) e as suas relações com diferentes propriedades do solo, submetido a diferentes usos do solo. Foi utilizado um grid amostral de 15 x 15 m, totalizando 96 pontos de prospecção. A variabilidade espacial das propriedades solo foi avaliada com o emprego de algoritmos de krigagem. A densidade amostral mostrou-se de grande importância para as definições das variáveis com exatidão. A variabilidade espacial da RP esteve relacionada com o teor de argila e a umidade gravimétrica do solo, não sofrendo alterações em função do uso do mesmo.

Palavras-chave: Estrutura do solo. Krigagem. Manejo e conservação do solo.

ABSTRACT

The physical characteristics of the soil are very important for the definition of its usability, its properties have close correlation, conditioning agrosilvopastoral management plan. The objective of this study was to evaluate the spatial variability of soil mechanical resistance to penetration (RP) and its relations with different soil properties under different land uses. A sampling grid of 15 x 15 m, totaling 96 points prospecting was used. The spatial variability of soil properties was evaluated with the use of kriging algorithms. The sampling density was shown to be of great importance to the definitions of the variables exactly. The spatial variability of RP was related to the clay content and gravimetric soil moisture, not undergoing changes due to the use of it.

Keywords: soil structure. Kriging. Management and soil conservation.

1 INTRODUÇÃO

O atual desenvolvimento do agronegócio baseia-se na sustentabilidade e rentabilidade sem que ocorra a degradação do meio explorado, desta forma o manejo e conservação do solo

é de extrema importância para as atividades de exploração sustentável, com altas produtividades.

A qualidade estrutural do solo refere-se ao arranjo das partículas do solo, constituindo um ambiente dinâmico, cujas alterações determinarão um novo comportamento dos processos que ocorrem no solo (FERREIRA, 2010). Assim, o estudo das propriedades físicas do solo relacionadas à sua estrutura, possui um papel de suma importância para a tomada de decisão durante as práticas de manejo e conservação do solo e da água.

Um dos processos observados nos solos degradados é a elevação da resistência mecânica do solo à penetração das raízes (RP). Segundo Pedrotti et al. (2001), a mensuração desta propriedade descreve a resistência física que o solo oferece a algo que tenta se mover através dele. A elevação da RP contribui para a redução da taxa de infiltração e retenção de água no solo, favorecendo o escoamento superficial; afeta também, as propriedades químicas do solo, com a diminuição da oferta e até a perda de importantes elementos envolvidos na nutrição mineral de plantas.

A RP está diretamente correlacionada com várias propriedades do solo, como a textura, a densidade, a matéria orgânica e, principalmente, a umidade (θ) no momento do ensaio de RP (BUSSCHER et al., 1997), estando relacionada assim, com as forças de adesão e coesão (GIAROLA et al., 2001) correntes no pedoambiente, e também, com os fatores de formação do solo (SOUZA et al., 2001).

Para possibilitar a análise e comparação da qualidade dos solos sob diferentes fatores de formação, principalmente, quanto ao uso e ocupação, pode-se constituir índices numéricos de qualidade dos solos ou adotar a linha de modelagem/simulação, gráfica ou matemática-computacional. Normalmente, a construção desses índices de qualidade de solo é realizada com coletas pontuais, criando a demanda por métodos que confirmem continuidade espacial aos dados, com elevada acurácia.

Assim, faz-se necessária a utilização da geoestatística que conecta o conceito de variáveis aleatórias com o conceito de variáveis regionalizadas, originando um novo conceito de funções aleatórias, que posteriormente, são processadas por algoritmos nos sistemas de informações geográficas (SIG's). Os métodos geoestatísticos fornecem um conjunto de ferramentas para entender a uma aparente aleatoriedade dos dados, mas com possível estruturação espacial, estabelecendo, desse modo, uma função de correlação espacial.

Tem-se destaque dentre as técnicas de interpolação a krigagem, o melhor estimador linear não tendencioso, que incide na estimativa de valores de variáveis distribuídas no espaço, e/ou no tempo, a partir de valores adjacentes enquanto considerados como interdependentes pelo semivariograma (LANDIM, 2006).

A hipótese do presente trabalho é que a variabilidade espacial da resistência mecânica do solo à penetração está relacionada com diferentes propriedades do solo, sendo dependente do uso e ocupação destinado ao mesmo.

Desta maneira, o objetivo deste trabalho foi avaliar a variabilidade espacial da resistência mecânica do solo à penetração e as suas relações com diferentes propriedades do solo, submetido a diferentes usos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo (figura 1) está inserida na região agroecológica do Vale do Jaguari – RS, na Fazenda Escola da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Campus Santiago, com coordenadas centrais UTM 705.589 E e 6.769.112 S (SIRGAS 2000, ZONA 21 S).

Segundo a classificação de Köppen (1931), o tipo climático predominante é o Cfa, subtropical úmido com precipitação abundante em todos os meses do ano, perfazendo uma precipitação anual de 1.919 mm; com temperatura média anual de 17,9 °C (MORENO, 1961). O relevo por sua vez, apresenta feições de suave ondulado a ondulado, com altitudes que alcançam cerca de 390 metros.

O componente geológico é composto principalmente por rochas sedimentares (arenitos e lutitos) e vulcânicas (basalto e riólito) distribuídas nos compartimentos geomorfológicos do Planalto da Campanha, Planalto das Missões, Planalto das Araucárias e a Depressão Central (IBGE, 2004).

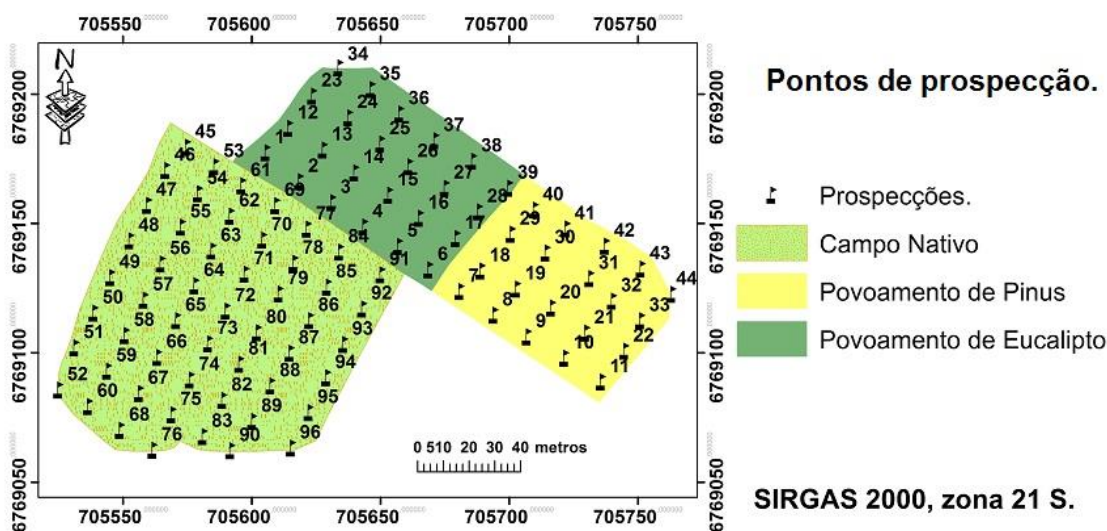
A vegetação encontra-se sob o domínio da Estepe Estacional, da Floresta Estacional Decidual e da Estepe Ombrófila (LEITE, 2002), distribuídas nos Biomas do Pampa e da Mata Atlântica (IBGE, 2003). Na composição do uso do solo e cobertura vegetal, predominam cultivos agrícolas, formações campestres e florestas nativas em diferentes estágios de regeneração.

Assim, esses componentes da paisagem contribuem para a formação de diferentes classes de solos, que numa escala de desenvolvimento vão de NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico até LATOSSOLO VERMELHO Distrófico (STRECK et al., 2008).

Foi analisado um polípedon de NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico, sob campo nativo, com mais de trinta anos de implantação (1,10 ha), um povoamento de Eucalipto (0,55 ha) e um povoamento de Pinus (0,45 ha), ambos com 12 anos de implantação, totalizando uma área de 2,10 ha (Figura 1).

A descrição pedométrica contou com 96 pontos de prospecções de uma malha, com intervalos regulares de 15 m, na profundidade de 0,0 – 0,20 m (Figura 1).

Figura 1 – Distribuição espacial dos pontos de prospecção num NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico, submetido a diferentes usos.



Para alocação dos pontos foi empregado um receptor GNSS (Global navigation Satellite System) Leica, modelo Viva GS15, com dupla frequência (L1/L2) e disponibilidade de Real Time Kinematic (RTK).

Nos pontos de prospecções foram coletadas amostras deformadas para a determinação das propriedades físicas do solo. O ensaio de resistência mecânica do solo à penetração foi realizado com o penetrômetro digital modelo Falker PLG 1020.

A determinação da umidade gravimétrica (UG) e da textura do solo se deu em conformidade com Donagema (2011). O teor de carbono orgânico (CO) foi determinado pelo método colorimétrico, descrito por Raij et al (2001).

Primeiramente, a variabilidade das propriedades do solo foi avaliada pela análise estatística descritiva. Por se tratar de 96 amostras, a hipótese de normalidade dos dados foi examinada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov, ao nível de 5% de significância.

O relacionamento entre as propriedades físicas do solo foi procedido com a análise de correlação, ao nível de 5% de significância.

A dependência espacial da resistência mecânica do solo à penetração e das demais propriedades do solo, foi avaliada por meio da análise geoestatística. Foram estabelecidos

semivariogramas, partindo das pressuposições de estacionalidade da hipótese intrínseca e do cálculo da função semivariância e dos ajustes dos modelos teóricos. O ajuste do semivariograma foi observado pelo maior valor do coeficiente de determinação (R^2) e pelo menor valor de erro quadrático médio (EQM).

Do ajuste de um modelo matemático aos dados, foram definidos os seguintes parâmetros: efeito pepita, patamar e alcance. Posteriormente, o grau de dependência espacial (GDE) foi classificado conforme Cambardella et al. (1994), onde a dependência espacial é fraca, quando a razão do efeito pepita for superior a 75 % do patamar, a dependência espacial moderada, quando a razão do efeito pepita for superior a 25 % e inferior ou igual a 75 % do patamar e a dependência espacial forte, quando a razão do efeito pepita for inferior ou igual a 25 % do patamar.

Para obtenção dos mapas de isolinhas foi utilizado um algoritmo preditor, a krigagem ordinária, que permitiu o maior detalhamento espacial dos fenômenos estudados.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados referentes à análise descritiva para as propriedades estudadas sugerem que apenas o CO não apresentou distribuição normal, conforme o teste de Kolmogorov-Smirnov, ao nível de 5% de significância (Tabela 1).

Tabela 1 – Análises estatísticas descritivas e testes de normalidade das propriedades físicas do NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico, submetido a diferentes usos.

Propriedades	Casos	Mínimo	Máximo	Média	Desvio padrão	Variância	CV (%)	K-S	SIG
UG (%)	96	13,91	28,27	21,96	3,82	14,62	17,39	0,820	0,512
CO (g Kg ⁻¹)	96	12,42	51,86	18,14	4,17	17,37	22,98	1,847	0,002
Argila (g Kg ⁻¹)	96	100,00	501,00	338,47	72,49	5255,98	21,41	1,349	0,053
RP (MPa)	96	1,00	3,49	1,83	0,52	0,279	28,41	0,743	0,638

UG: umidade gravimétrica. CO: carbono orgânico. RP: resistência mecânica do solo à penetração. CV: Coeficiente de variação. K-S: Teste de Kolmogorov-Smirnov. Sig: Significância ($p < 0,05$).

A umidade gravimétrica na profundidade de 0 – 0,20 m apresentou o menor coeficiente de variação (CV) (17,39%), enquanto a resistência à penetração do solo apresentou o maior coeficiente de variação (28,41 %). Adotando o critério de classificação para o CV proposto por Warrick e Nielsen (1980), os valores revelaram-se como alto (> 24 %), para a RP, concordando com os resultados obtidos por Cavalcante (1999) e Souza et al. (2001); e médios (< 24 %), para as demais propriedades do solo (Tabela 1).

Conforme Bernoux et al. (2001), a estimativa do estoque de CO na camada de 0 – 0,30 m para os solos do território brasileiro, variou de 31,7 a 63,9 Mg ha⁻¹. Levando em consideração a média obtida de 18,14 g Kg⁻¹ de CO (0 – 0,20 m), podemos analisar que a área encontra-se abaixo da média nacional, com o valor máximo de 51,86 g Kg⁻¹ e mínimo de 12,42 g Kg⁻¹ de CO (Tabela 1).

A RP apresentou valor médio de 1,83 MPa (Tabela 1), de acordo com Klein e Câmara (2007), os valores observados são classificados como baixos, levando em consideração a maioria das culturas, que em condições de até 3 MPa não sofrem limitações para o desenvolvimento radicular. Petter (1990) descreveu que os valores acima de 2,8 MPa foram limitantes ao crescimento radicular na cultura do soja, com alto rendimento. Para a cultura do feijão Carvalho et al. (2006), descreve que valores de RP variando entre 1,3 e 2,9 MPa não possuem limitação a produção de grãos, em um LATOSSOLO. Portanto, esses autores ratificam que os valores de RP descritos no presente trabalho não são restritivos ao crescimento radicular (Tabela 1).

Foram observados baixos teores de argila no NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico (Tabela 1), este resultado vai de encontro às observações de Hillel (1998). Este autor relatou

que são esperados baixos teores de argila para os solos com pequeno desenvolvimento pedogenético, especialmente quando desenvolvidos a partir da alteração de rochas cristalinas.

Durante o desenvolvimento do solo, as partículas de areia e silte, transformam-se em argila por ação do intemperismo. Os minerais mais resistentes ao intemperismo permanecem na forma de areia e a fração silte, via de consequência, em função da sua instabilidade, passa a constituir o indicador do grau de intemperismo do solo. Desse modo, é consensual e universal a expectativa que somente os solos mais jovens devam apresentar baixa proporção de argila em relação ao silte.

Tabela 2 - Significância e coeficientes de correlação simples ($p < 0,05$) das propriedades físicas do NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico, submetido a diferentes usos.

Propriedade	Casos	UG (%)	Co (g Kg ⁻¹)	Argila (g Kg ⁻¹)	RP (MPa)
UG (%)	96	1	0,182 ^{ns}	0,463*	0,577*
CO (g Kg ⁻¹)	96	0,182 ^{ns}	1	0,066 ^{ns}	0,002 ^{ns}
Argila (g Kg ⁻¹)	96	0,463*	0,066 ^{ns}	1	0,452*
RP (MPa)	96	0,577*	0,002 ^{ns}	0,452*	1

^{ns} não significativo. * Correlação significativa ao nível de 5% probabilidade.

De acordo com Mercante et al. (2003), a RP é fortemente afetada pela variação dos conteúdos de umidade do solo. Visto que os valores de RP foram obtidos em condições de solo, com valores médios de UG (21,96%), havendo variações entre 13,91 a 28,27 % na camada avaliada. Desta maneira, podem ocorrer restrições ao desenvolvimento das culturas e, sempre que o solo for submetido à redução do seu conteúdo de água, esses efeitos irão se modificar, aumentando assim, os valores de RP; corroborando assim, com Souza et al. (2006) que afirmam que, a RP apresenta relação inversa com a umidade gravimétrica do solo (Tabela 2).

Segundo Larson et al. (1980), há diminuição exponencial da RP com incremento na UG, porque a água atua como "lubrificante" entre as partículas de solo diminuindo a força de coesão entre as mesmas. Esse processo é favorecido pelo aumento do UG, ou seja, quanto maior for o UG, menor será a resistência oferecida pelo solo à penetração das raízes (CAMARGO, 1983).

Araújo et al. (2004), também constataram que a RP, quantificada sob mata nativa, somente atinge valores considerados críticos ao crescimento das raízes, no momento em que a UG está muito baixa ($< 0,10 \text{ kg kg}^{-1}$). Esses pesquisadores verificaram que os valores de RP foram muito semelhantes tanto para o solo sob mata, quanto para o solo sob cultivo, mesmo que a menor densidade nesse sistema corresponda à maior densidade do solo sob mata, constatando a grande influência do UG (Tabela 2).

Já a correlação entre a RP e a quantidade de argila existente, pode ser explicada em função de o solo estar seco e coeso no momento da amostragem, elevando assim a RP (Tabela 2). O comportamento da RP pode ser agrupado de acordo com os conteúdos de argila (mais de 40% e menos de 40%). Dentro de cada grupo houve uma relação lógica, pois os solos de maior conteúdo de argila em cada um dos grupos foram os que alcançaram os maiores valores de RP. Dentro dessa ótica, quanto maior o teor de argila, maior será a RP (ROSOLEM, et al., 1999).

O efeito pepita puro é importante e indica variabilidade não explicada, podendo ser decorrente de erros de medidas ou microvariações não detectadas, considerando a distância de amostragem utilizada (PAZ et al., 1995); seguindo a classificação da relação de dependência espacial de Cambardella et al. (1994) é necessário, portanto, menor distância entre os pontos de amostragem para se detectar a dependência, este fenômeno foi observado durante o estudo da variabilidade espacial da UG. As demais propriedades do solo apresentaram grau de dependência espacial (GDE) classificada como moderada, com o espaçamento amostral satisfatório (Tabela 3).

Tabela 3 - Parâmetros dos modelos de semivariogramas ajustados para as propriedades físicas do NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico, submetido a diferentes usos.

Propriedade	Modelo	Alcance	Patamar	Pepita	R ²	EQM	Dependência	GDE (%)
Argila (g Kg ⁻¹)	Exponencial	200	5259,33	3416,11	0,98	2090,94	Moderada	64,95
CO (g Kg ⁻¹)	Esférico	200	17,37	11,58	0,95	16,38	Moderada	66,69
RP (MPa)	Exponencial	200	0,28	0,17	0,95	0,22	Moderada	60,80
UG (%)	Exponencial	200	14,62	12,03	0,99	4,67	SDE	82,27

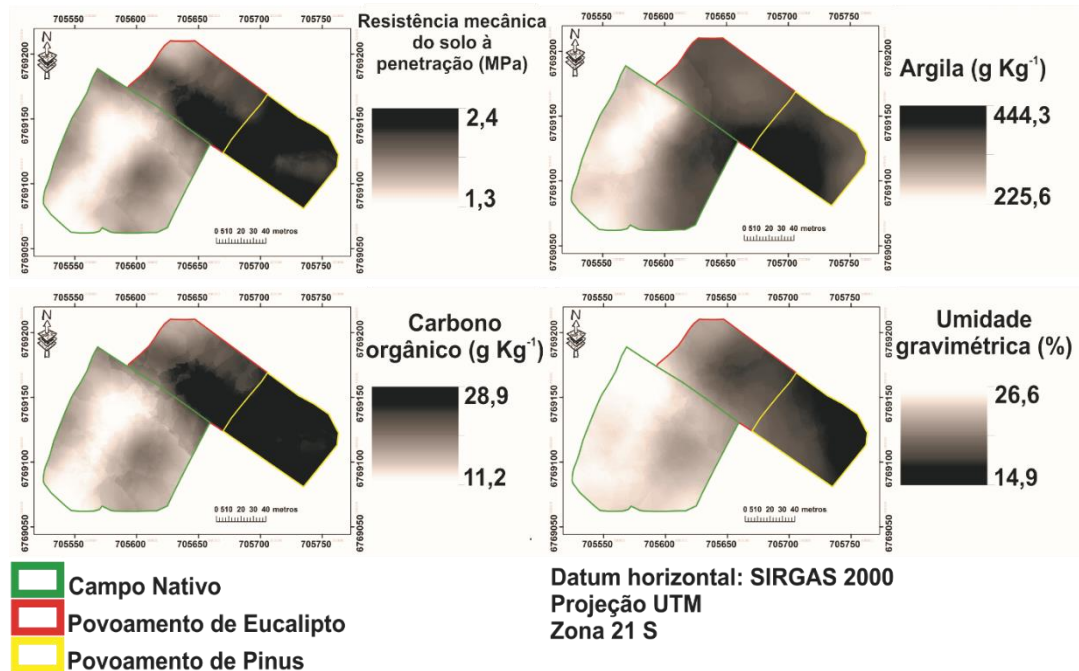
R²: Coeficiente de determinação do modelo. EQM: Erro quadrático médio. GDE: Grau de dependência espacial. SDE: Sem Dependência Espacial.

Outro parâmetro importante para a geoestatística é o alcance, que significa a distância máxima em que uma variável está correlacionada espacialmente, o alcance de um atributo garante que todos os pontos dentro de um círculo com esse raio são tão similares que podem ser usados para estimar valores para qualquer ponto entre eles. Todas as variáveis em estudo apresentaram alcance de 200 m (Tabela 3).

As variáveis UG, argila e RP ajustaram-se ao modelo exponencial (Tabela 3) de acordo com Abreu (2000), em contrapartida a variável CO seguiu o ajuste pelo modelo esférico (Tabela 3), corroborando com Souza et al. (2001). Para a escolha dos melhores modelos, foram considerados os melhores valores de acurácia, considerando os coeficientes de determinação (R²) e o erro quadrático médio (EQM), conforme Dantas (2014). Os valores do R² dos modelos ajustados variaram entre 0,95 e 0,99; já os valores do EQM variaram entre 0,22 e 2090,94 (Tabela 3).

Ainda que, o coeficiente de determinação (R²) seja uma medida simples de desempenho dos modelos (WILLMOTT, 1981), ele ainda é muito utilizado (VERECKEN et al., 1989). Desta maneira, nos próximos trabalhos pode-se testar o desempenho dos modelos utilizando o critério de informação de Akaike (AIC), Akaike Corrigido (AICc) e Bayesiano (BIC). Conforme a Figura 2, os mapas temáticos das diferentes propriedades do NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico apresentam a distribuição espacial destas propriedades, sob campo nativo, e povoamentos de Pinus e Eucalipto. Assim, comparando as diferentes distribuições espaciais, observou-se que, a relação entre a RP e a argila são proporcionais, quanto maior o teor de argila maior será a RP da área; diferentemente da relação RP e UG que são inversamente proporcionais, revelando que quanto maior a UG menor será a RP (Figura 2).

Figura 2 – Distribuição espacial das propriedades do NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico, submetido a diferentes usos.



Apesar dos mapas de RP e CO apresentarem distribuição espacial muito semelhante, deve-se levar em consideração que esses atributos não possuem correlação direta, pois o teor de CO está atrelado à quantidade de argila presente no solo (Figura 2).

O que ficou evidenciado com o cruzamento dos diferentes mapas, é que o comportamento da RP sofre maior influência dos teores de argila presentes no solo, do que com o tipo de uso, pois, a argila possui correlação direta com a RP e a UG (Figura 2), ratificando o que foi observado com a análise correlação (Tabela 2).

O presente trabalho abre caminho para futuras avaliações das relações espaciais entre a RP e o espaço poroso do solo, submetido a diferentes usos. Também, para a avaliação da influência das diferentes frações da matéria orgânica do solo sobre a sua estrutura. Outro ponto importante a ser pesquisado é a avaliação espacial da influência da mineralogia das argilas sobre a estrutura do solo.

4 CONCLUSÕES

- Com exceção do CO, as demais propriedades do solo estudadas apresentaram ajuste ao modelo exponencial.
- Apenas a UG não apresentou dependência espacial, as demais propriedades apresentaram dependência classificada como moderada.
- A densidade amostral mostrou-se de grande importância para as definições das variáveis com exatidão.
- A variabilidade espacial da RP esteve relacionada com o teor de argila e a UG do solo, não sofrendo alterações em função do uso do mesmo.

REFERÊNCIAS

ABREU, L.S. **Propriedades hídricas e mecânicas afetadas por sistemas de manejo e variabilidade espacial de um Argissolo**. 2000. 66f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria.

ARAÚJO, M. A.; TORMENA, C. A.; SILVA, A. P. Propriedades físicas de um Latossolo Vermelho Distrófico cultivado e sob mata nativa. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, p.337-345, 2004.

BUSSCHER, W. J. et al. **Correction of cone index for soil water content differences in a coastal plain soil**. Soil Till. Res., 43:205-217, 1997.

BERNOUX, M. et al. CO₂ emission from mineral soils following land-cover change in Brazil. **Global Change Biology** 7; 779- 787, 2001.

CAMARGO, O. A. **Compactação do solo e desenvolvimento de plantas**. Campinas: Fundação Cargill, 1983. 44p.

CAMBARDELLA, C. A et al. Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 58:1501-1511, 1994.

CARVALHO, G. J. et al. Correlação da produtividade do feijão com a resistência à penetração do solo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, p.765-771, 2006.

CAVALCANTE, E. G. S. **Variabilidade espacial de atributos físicos e químicos de um Latossolo Vermelho-Escuro sob diferentes condições de uso e manejo**. Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista de São Paulo, 1999. 199p. (Tese de Mestrado).

DONAGEMA, G.K. et al. **Manual de métodos de análise de solos**. 2.ed. rev. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230p. (Embrapa Solos. Documentos, 132).

FERREIRA, M. M. Caracterização física do solo. In: LIER, Q. J. (Ed.). **Física do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2010. p. 1-27.

GIAROLA, N. F. B. et al. Similaridades entre o caráter coeso dos solos e o comportamento Hardsetting: Estudo de caso. **R. Bras. Ci. Solo**, 25:239-247, 2001

HILLEL, D. **Environmental soil physics**. San Diego, Academic Press, 1998. 771p.

IBGE. 2004. **Mapa de Biomas do Brasil, primeira aproximação**. Rio de Janeiro: IBGE. Acessível em www.ibge.gov.br.

_____. **Mapas temáticos do Projeto RADAMBRASIL do Rio Grande do Sul na escala 1:250.000**. IBGE/SAA - RS, Florianópolis. 2003 CD - ROM.

KLEIN, V. A; CAMARA, R. K.. Rendimento da soja e intervalo hídrico ótimo em LATOSSOLO VERMELHO sob plantio direto escarificado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 221-227, 2007.

KÖPPEN, W. **Climatologia**. México, Fundo de Cultura Econômica, 1931.

LARSON, W. E.; GUPTA, S. C.; USECHE, R. A. Compression of agricultural soils from eight soil orders. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.44, p.450-457, 1980.

LANDIM, P.M.B. Sobre geoestatística e mapas. **Terra e Didática**, v.1, n.2, p.19-33, 2006.

LEITE, P. F. Contribuição ao conhecimento Fitoecológico do Sul do Brasil. **Ciência & Ambiente**, Santa Maria, v. 1, n. 1, p. 51-73, 2002.

MERCANTE, E. URIBE-OPAZO, M. A.; SOUZA, E. G. Variabilidade espacial e temporal da resistência mecânica do solo à penetração em áreas com e sem manejo químico localizado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, n.6, p.1149-1159, 2003.

MORENO, J. A. Clima do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, Secretaria da Agricultura, 42p, 1961.

PAZ, A.; TABOADA, M. T. & GOMEZ, M. J. Spatial variability in topsoil micronutrient contents in a one-hectare cropland plot. **Comm. Soil Sci. Plant Anal**, 3:479-503, 1996.

PEDROTTI, A.; PAULETTO, E. A. & CRESTANA, S. Resistência mecânica à penetração de um Planossolo submetido a diferentes sistemas de cultivo. **R. Bras. Ci. Solo**, 25:521-529, 2001.

PETTER, R. L. **Desenvolvimento radicular da soja em função da compactação do solo, conteúdo de água e fertilidade em latossolo**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Santa Maria - RS. Universidade Federal de Santa Maria UFSM, 144 p, 1990.

RAIJ, B. V. et al. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas Instituto Agrônomo, 2001. 285p.

ROSOLEM, C. A.; FERNANDEZ, E. M. Crescimento radicular de plântulas de milho afetado pela resistência do solo à penetração. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n.5, p. 821-828, 1999.

SOUZA, Z. M. et al. Dependência espacial da resistência do solo à penetração e teor de água do solo sob cultivo de cana-de-açúcar. **Ciência Rural**, v.36, n.1, p.128-134, 2006.

_____. et al. Variabilidade espacial de atributos físicos em um Latossolo Vermelho Distrófico sob semeadura direta em Selvíria, MS. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, n.3, p.699-707, 2001.

STRECK, E. V. et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2 ed. Porto Alegre, EMATER/RS-ASCAR, 2008. 222p.

VERECKEN, H. et al. Estimating the soil moisture retention characteristic from texture, bulk density and carbon content. **Soil Science**, v. 148, p. 389-403, 1989.

WARRICK, A. W. & NIELSEN, D. R. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: HILLEL, D. (ed.) **Applications of soil physics**. New York, Academic Press, 1980.

WILLMOTT, C. J. On the validation of models. **Physical Geography**, v. 2, p. 184-194, 1981.

O USO DO SOFTWARE *DepthMap®* NA TEORIA DA SINTAXE ESPACIAL E MAPA AXIAL DE SANTA CRUZ DO SUL

The software *DepthMap®* in theory space syntax and axial map of Santa Cruz do Sul

Bruno Deprá¹, Luiz Carlos Schneider², Valéria Borges Vaz³

Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC

Av. Independência, 2293 Bairro: Universitário CEP: 96815-900 Santa Cruz do Sul – RS/Brasil

¹Tecnólogo em Geoprocessamento – UFSM – brunodepra@unisc.br

²Arquiteto e Urbanista – UNIRITTER – luizcs@unisc.br

³Economista – UNISC – val@unisc.br

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo aplicar conceitos básicos utilizados pela sintaxe espacial para mapas axiais (conectividade, medidas de integração global, integração local e *Global Choice*) em Santa Cruz do Sul - RS estabelecendo uma reflexão com as atuais diretrizes legais para o sistema viário urbano do Plano Diretor Municipal. A análise axial foi realizada por meio do software *DepthMap®* com produção de mapas temáticos para as categorias de Integração global, integração local com raio 3 e integração local com raio 5. Na sequência, e por meio de uma análise sintética da evolução urbana da cidade comparada à legislação atual do sistema viário previsto pelo Plano Diretor, identificou-se os principais parâmetros utilizados para estruturação dos eixos viários e sua relação atual com a expansão da cidade. Estas informações, avaliadas em contraposição às medidas quantitativas fornecidas pela sintaxe espacial estabeleceram as referências para as reflexões sobre a adequabilidade dos parâmetros legais em relação a atual configuração espacial do traçado urbano.

Palavras-chave: Sintaxe Espacial. *DepthMap®*. Plano Diretor.

ABSTRACT

This work aims to apply basic concepts used by the space syntax for axial maps (connectivity, global integration measures, local and Global Choice) in Santa Cruz do Sul-RS establishing a reflection with the current legal guidelines for the urban road system of the Municipal master plan. The axial analysis was conducted through the *DepthMap®* software with production of thematic maps for the categories of global Integration, local integration with radius 3 and local integration with radius 5. As a result, and by means of a synthetic analysis of the urban development of the city compared to the current legislation of the road system provided by the strategic plan identified the main parameters used for structuring of roads and their current relationship with the expansion of the city. This information, evaluated as opposed to quantitative measures provided by space syntax established references to the reflections on the appropriateness of the legal parameters in relation to the current spatial configuration of the urban circuit.

Keywords: Space Syntax. *DepthMap®*. Master Plan.

1 INTRODUÇÃO

O uso de ferramentas de geotecnologia para a gestão vem trazendo benefícios cada vez maiores que auxiliam na tomada de decisões, mesmo assim, na prática, a sua implementação na esfera pública ainda é tímida e encontra obstáculos como estrutura técnica, qualificação profissional, recursos financeiros e interesse político para sua efetiva utilização.

“As estratégias utilizadas pelos governos locais para a atração de investimentos, como a concessão de benefícios fiscais, doação de glebas e custeio de infraestrutura para empreendimentos privados são questionáveis quanto à capacidade de retorno econômico

financeiro para atendimento às demandas sociais, afora os reflexos ambientais que normalmente se manifestam em prazos maiores. Nessas situações, não só os desequilíbrios regionais, mas também disparidades interurbanas são favorecidos, tornando o planejamento e a gestão, meros instrumentos de administração de conflitos e viabilização de “interesses públicos” duvidosos”. (UGALDE e RIGATTI 2007).

Esta contribuição de Ugalde e Rigatti (2007) que discute as relações sobre a configuração espacial e segregação socioeconômica estão apoiadas na Teoria e Metodologia da Sintaxe Espacial, na qual possibilita identificar e descrever, por meio de um conjunto de medidas quantitativas, os diferentes aspectos relacionados à configuração dos espaços públicos e privados.

Este artigo tem como objetivo aplicar estes conceitos básicos da Sintaxe Espacial em um estudo de caso prático, procurando-se obter, por meio dos resultados da análise configuracional do sistema urbano, informações e dados que possam contribuir para uma reflexão sobre as principais disposições legais de planejamento do uso do solo urbano e do sistema viário. Para isso serão apresentados mapas axiais de conectividade, de integração global, de integração local e *Global Choice* da cidade de Santa Cruz do Sul elaborados a partir do software *DepthMap®*. Por fim, é abordada a análise da configuração espacial em contraposição às diretrizes legais urbanas de Santa Cruz do Sul.

1.1 SINTAXE ESPACIAL: ANÁLISE DOS ESPAÇOS AXIAIS

A teoria da sintaxe espacial foi criada por Bill Hillier, professor da *Bartlett School of Architecture, University College London*. Em conjunto com Juliene Hanson, Hillier escreveu em 1981 o livro “*The Social Logic of Space*” que trata da teoria e o método de análise das relações existentes (*layout* – formas de arranjos e distribuições) entre as áreas urbanas e as edificações. Os espaços são entendidos como vazios (ruas, campos, quadras, etc) delimitados por cercas, paredes ou quaisquer impedimentos e obstruções que restringem o movimento e tráfego dos pedestres e/ou o seu campo visual. Conforme Karlqvist (1993), e em relação aos conceitos básicos da sintaxe espacial destacam-se os espaços convexos, os espaços axiais e os espaços do tipo isovista¹.

Considerando os objetivos deste trabalho pretende-se discorrer sobre os espaços axiais e as suas principais aplicações para análise do traçado urbano de Santa Cruz do Sul. O espaço axial ou linha axial constitui-se pelas maiores linhas retas (ou linha de visão) capazes de cobrir todo um sistema de espaços abertos e possíveis de serem seguidas pelos pedestres (Hillier; Hanson, 1984). Os espaços axiais podem ser transformados em grafos (representação em diagrama das relações de permeabilidade) e mapas que representam o menor número possível de linhas axiais cobrindo todos os espaços convexos de um *layout* e de suas conexões. Por meio da utilização de passos sintáticos (conexões diretas entre os espaços e a sua vizinhança imediata) o mapa axial pode ser entendido como uma mudança de direção de uma linha para outra. Este aspecto determina o que se denomina como profundidade entre dois espaços, ou seja, o menor número de passos sintáticos que são necessários para chegar de um lugar ou eixo ao outro.

Para análise sintática existem quatro medições básicas que são calculadas para representação quantitativa dos *layouts*: conectividade, integração, valor de controle e *Global Choice* (“escolha global”).

A medida de conectividade, conforme Karlqvist (1993) é considerada uma medida estática local por meio da qual são feitas as medições do número de vizinhanças diretamente conectadas ao espaço. Neste sentido, a conectividade de uma linha axial está relacionada à quantidade de linhas que a cruzam ou interceptam. Quanto maior a conectividade de uma linha axial maior é o potencial de acesso que promove a outras linhas axiais. Já a medida de integração mede a distância (topológica) em que uma linha axial está distante das outras linhas

¹ Uma isovista é a representação em duas dimensões (portanto, um polígono) de tudo que pode ser visualizado a partir de um determinado ponto no espaço (www.urbanidades.arq.br).

do sistema. É uma das medidas de análise que, conforme Saboya (2007) pode ser muito útil para a previsão de fluxos de veículos e pedestres bem como para entender a lógica da localização das atividades urbanas e também dos espaços de encontros sociais. No cálculo de integração se definem linhas mais rasas (mais integradas) e linhas mais profundas (mais segregadas), ou então, respectivamente as que estão mais próximas das outras linhas do sistema e as mais distantes. Conforme Hillier e Hanson (1984) os valores de integração superiores a 1,67 são correspondentes a linhas altamente integradas e valores inferiores a 1 são correspondentes a linhas mais segregadas. As representações de profundidade também são feitas em cores em um espectro que vai do vermelho (mais integradas) ao azul mais escuro (mais segregadas).

Neste sentido ocorrem normalmente algumas formações de padrões como as do núcleo integrador que se constitui do conjunto das linhas mais integradas do sistema urbano. Outros aspectos a serem analisados podem estar relacionados à abrangência destes padrões, ou a sua localização e formação da estrutura em árvore ou grelha, por exemplo.

Na sintaxe espacial, e conforme Hillier *et al* (1993) os usos urbanos são decorrentes do tipo de configuração espacial sendo que o movimento natural (movimento e fluxos de pessoas nos espaços públicos) é determinado pelo *layout* das avenidas, ruas e praças e pelas diferentes formas como estes elementos estão interconectados entre si e com a cidade. Portanto, e conforme lembra Saboya (2007) a quantidade de pedestres em determinadas áreas comerciais é um resultado combinado entre a própria estrutura configuracional e a atração que é exercida pelas atividades urbanas (habitacionais, serviços, comerciais, industriais, etc). Isso por que os usos comerciais têm tendência a instalarem-se nos espaços que apresentam alta integração, pela existência de um maior potencial de movimento de pedestres. Destaca-se ainda a medida de integração local, também chamada de “raio limitado”, pois seu cálculo, diferentemente da profundidade média da Integração Global, considera determinados limites estipulados para o número dos passos topológicos. O cálculo da integração local é muito útil para análise de centralidades locais em áreas urbanas podendo, por exemplo, ser muito útil para determinar tendências de novas centralidades em bairros.

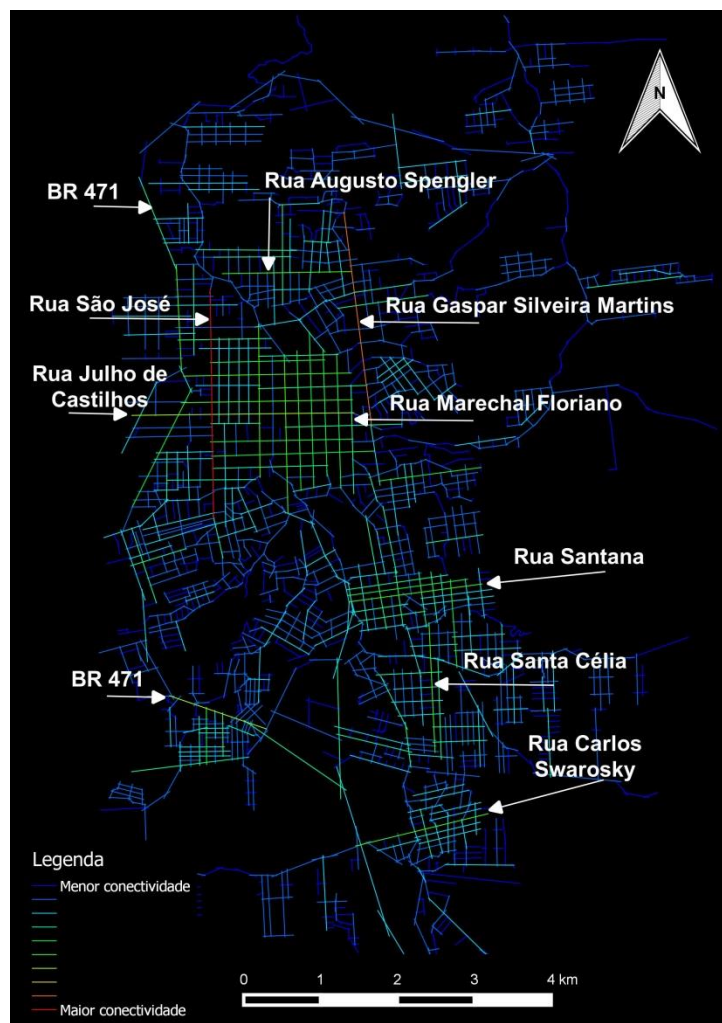
A medida de *Global Choice* é uma medida da dinâmica global do sistema e captura efetivamente o que integra os segmentos para compor uma rota. Constitui-se, portanto, numa probabilidade de fluxos, ou vista de outra forma, por onde o usuário vai escolher circular.

Por meio das medidas básicas de conectividade, integração (global e local) e *Global Choice* é possível também o desenvolvimento de outras medições secundárias realizadas por meio da correlação destes resultados. Neste sentido, por exemplo, a inteligibilidade de um sistema é a correlação simples entre conectividade e integração ou então, de acordo com Karlqvist (1993) uma descrição da medida em que um espaço do *layout* pode ser afetado pelo número de suas conexões diretas, o que pode ser entendido como a relação global de um espaço com aquilo que pode ser observado dentro do próprio espaço. Nestes termos, a inteligibilidade é a possibilidade ou o potencial de depreender o funcionamento global do sistema espacial (maior domínio dos estranhos) e a baixa inteligibilidade está associada à axialidade da trama, a diversidade de padrões espaciais e a segmentação das linhas axiais. Já a sinergia é uma relação simples entre integração global e local (grau de coerência) e, neste sentido, quanto mais frágil se mostrar esta correlação menor é o compartilhamento do sistema.

1.2 APLICANDO A SINTAXE ESPACIAL EM SANTA CRUZ DO SUL RS

Por meio da utilização do software *DepthMap®* produziram-se mapas temáticos de conectividade, integração global, integração local (raio 3 e 5) e *Global Choice*. Na sequência apresentam-se os mapas produzidos e as análises realizadas:

Figura 1 - Conectividade em Santa Cruz do Sul - RS



Em relação à Figura 1 (Conectividade) percebem-se as vias mais profundas e rasas do sistema urbano. A área central, com malha ortogonal (origem do traçado urbano e posterior expansão até a BR 471) é a mais conectada e apresenta pouca deformação com predominância de sentido da hierarquia de vias mais integradas em direção Oeste (também até a BR 471).

Conforme Hillier (1984) a malha ortogonal é a melhor malha em relação às mudanças de profundidade (calculada em relação às mudanças de direção) e desta forma malhas ortogonais tem tendências a crescimento por expansão no território (maior expansão – maior o controle). Destacam-se ainda as duas vias (em vermelho) e, portanto, com valor mais alto na direção Norte-Sul, uma localizada a Oeste (Rua São José) e outra a Leste (Rua Gaspar Silveira Martins). De forma geral, as áreas de entorno ao centro são homogêneas, contudo, percebe-se a localização de vias mais integradas (na cor amarela) na zona Sudeste e que estão distribuídas ao longo de um dos principais eixos de acesso (Av. Deputado Euclides Nicolau Kliemann) sentido zona Sul (distrito) – Norte (centro).

Figura 2 - Integração Global em Santa Cruz do Sul RS.



A integração global (Figura 2) mostra que toda malha ortogonal da área central urbana (a malha original do centro histórico e sua expansão até a BR 471) bem como algumas vias mais próximas que a delimitam são os espaços que constituem um núcleo integrador que está conectado a toda cidade de Santa Cruz do Sul. Esta área mais integrada (em vermelho) tem maior potencial de atração para o comércio e serviços tanto pelo fato das atividades já consolidadas quanto pelas questões de acessibilidade. Fora deste núcleo há um anel de espaços que estão integrados de forma semelhante à área central (em amarelo), ou seja, para acessar o núcleo central existe uma relação semelhante independente da posição ou localização do pedestre.

Em relação à conectividade e a integração global pode-se afirmar que, numa malha ortogonal (xadrez) o registro de orientação espacial é muito claro para qualquer pessoa mesmo para o visitante ou estrangeiro ao sistema. Este domínio do espaço é o controle global e os aspectos perceptivos passam a ser preponderantes, pois a grelha é de fácil compreensão de funcionamento. Portanto, a capacidade de uma pessoa estranha ao local compreender o funcionamento do sistema confere inteligibilidade ao espaço. Essa inteligibilidade diminui na medida em que a malha torna-se radial e está relacionada às mudanças de direção.

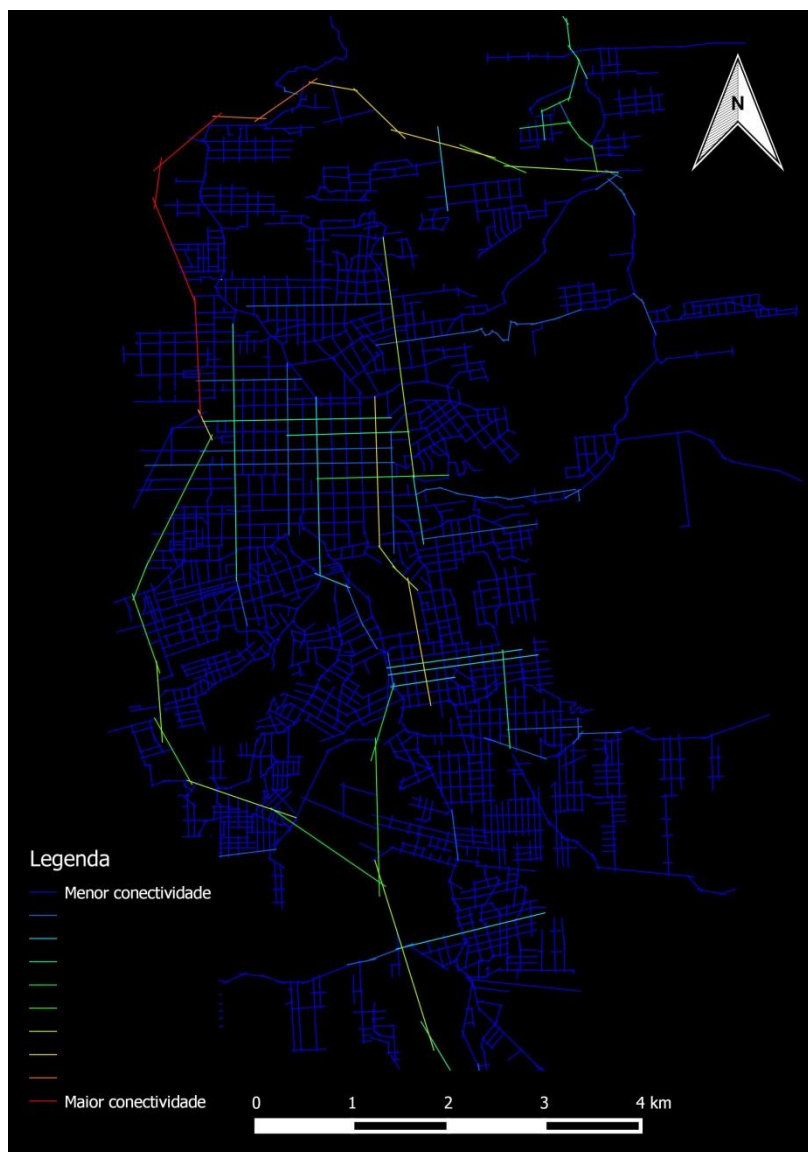
A Figura 3 – Integração Local é de mesma análise, mas com as restrições de cinco e três linhas aplicadas no raio da medida chamada de “local”, o que resulta em uma estrutura muito melhor localizada.

Figura 3 - Integração Local (com raios 3 e 5, respectivamente) em Santa Cruz do Sul RS.



Não foram observadas alterações significativas em relação à utilização dos raios 3 e 5. Considerando a dimensão da cidade utilizou-se como elemento de análise o mapa de integração local com raio selecionado 3, observando-se o surgimento de espaços polinucleados (na direção norte-sul) com conectividades maiores ou seja, com eixos centrais e hierarquias. Na sequência, produziu-se a Figura 4 referente ao *Global Choice* conforme segue.

Figura 4 – Global Choice em Santa Cruz do Sul



O mapa da integração global (Figura 2) e o mapa *Global Choice* (Figura 4) permitem verificar a tendência de formação de um anel viário (alongado no sentido Norte-Sul) englobando o sistema como um todo. Ao redor deste anel estão conectados os diversos núcleos que foram identificados no mapa da Figura 3 – Integração Local com raio 3. Observa-se a relevância das Rodovias (BR 471 e BR 287) e as suas conexões com a área central urbana no sentido Leste-Oeste.

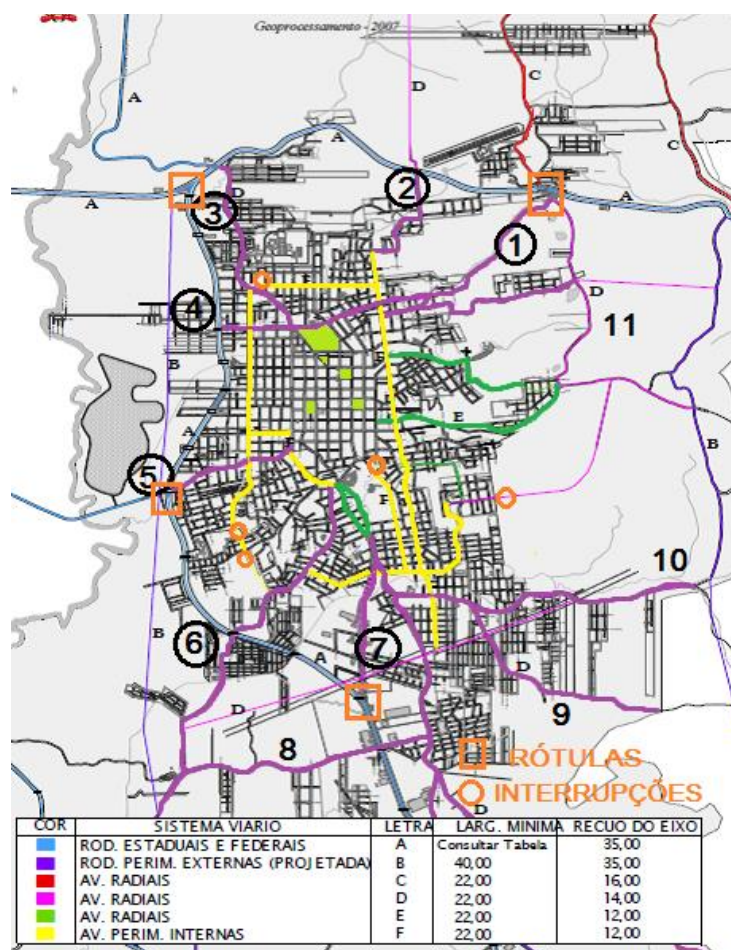
1.3 RELAÇÕES ENTRE AS MEDIDAS OBTIDAS DA SINTAXE ESPACIAL E O SISTEMA VIÁRIO DO PLANO DIRETOR

A partir do resultado obtido pelas medidas de conectividade, integração global, integração local e *Global Choice* e o Plano Diretor Urbano salientam-se alguns aspectos.

Em relação ao uso do solo (Figura 1) é possível perceber que a área central urbana ou zona comercial preferencial (em amarelo) instituída legalmente tem seu perímetro com abrangência muito menor do que a área do núcleo de integração (linhas vermelhas e laranjas) apresentada no mapa da Integração Global. A hierarquia mais integrada do sistema, portanto, extrapola os limites estipulados pelo Plano Diretor para o zoneamento da área central urbana e

expande-se em direção Oeste até a BR 471 envolvendo-a e cruzando seus limites. Por meio da conectividade e do mapa de integração global é possível ressaltar também duas vias no sentido Leste-Oeste (ruas Júlio de Castilhos e 28 de Setembro) que partem do centro urbano em direção a BR 471. Estas, são vias de acesso e conexão direto a área central e aparecem demarcadas no Plano Diretor como zonas de uso comercial ao longo de sua extensão. Contudo não estão contempladas no mapa do sistema viário da lei. Outra questão relevante diz respeito a BR 471. Em que pese a sua importância apresentada na análise sintática destaca-se o fato de que as atividades comerciais instaladas ao longo da BR 471 (e exatamente localizadas ao longo do segmento de reta em cor vermelha no mapa de Integração Global) somam um uso viário urbano a um trânsito de passagem intermunicipal. No mapa do sistema viário é possível observar que não há previsão de vias paralelas a serem projetadas. Mais grave, contudo, parece ser o fato de que se há integração (vide mapa da integração global) entre os dois lados da BR 471 entre as atividades comerciais também não ocorrem rótulas suficientes de cruzamento da rodovia.

Figura 5 - Mapa do Sistema Viário do Plano Diretor de Santa Cruz do Sul



No mapa da integração local surgem outros dados relevantes para análise. Utilizando o raio 3 percebe-se que as vias instituídas pelo Plano Diretor como avenidas perimetrais externas, no caso, ruas São José, Augusto Spengler e Gaspar Silveira Martins aparecem como as mais rasas do sistema. No Plano Diretor há previsão de sua continuidade, pois estas se encontram parcialmente interrompidas em alguns pontos (vide círculos laranja no mapa Figura 5). Em especial no caso da Gaspar Silveira Martins, paralela ao centro urbano e em direção Sul onde surgem diversas nucleações com hierarquias mais rasas do sistema e que eventualmente tem atividades comerciais do tipo local. Observa-se, contudo, que tais nucleações, e que de fato são tendências existentes, são consideradas como zona residencial preferencial pelo Plano Diretor.

No mapa final, *Global Choice*, a análise aponta para a formação de um anel periférico ao centro urbano formado a Oeste e Sul pelas rodovias e conectando as áreas industriais ao trânsito intermunicipal ao mesmo tempo em que integra diferentes espaços da cidade ao centro urbano. Este anel tende a completar-se no lado leste por meio de vias que não estão conectadas entre si e compostas pelas ruas Gaspar Silveira Martins e Marechal Deodoro (localização das principais agências bancárias da cidade). Observando-se o mapa instituído pelo Plano Diretor (Mapa 05) para o sistema viário percebe-se a ênfase dada no sistema radial (vias no sentido centro-bairro-centro), mas também a demarcação das vias Gaspar Silveira Martins como um dos eixos paralelos a Avenida Deputado Euclides Nicolau Kliemann (radial) de conexão da área Sul ao centro urbano.

2 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em síntese, apresentaram-se algumas das medições básicas da sintaxe espacial para o mapa axial de Santa Cruz do Sul procurando relacionar os seus resultados de forma contextualizada a caracterização geral do traçado urbano e aos seus principais usos e hierarquia viária instituídos legalmente. Salienta-se que, mesmo sendo uma análise preliminar, os resultados e conclusões obtidos pelo método da sintaxe espacial correspondem perfeitamente as tendências observadas em relação a expansão das áreas comerciais do centro urbano (da malha histórica original em direção a BR 471) bem como a formação de novas nucleações (ao Sul da cidade).

Da mesma forma, em relação à estruturação viária existente e projetada parecem existir fortes indicações para a tendência de eixos no sentido norte-sul, condicionadas pelos movimentos naturais de expansão urbana para novas áreas e pelos usos do solo e principais polos atratores de tráfego. Esta hipótese é merecedora de atenção especial visto que o Plano Diretor basicamente consolida em sua hierarquia viária um sistema radial de acessos radiais ao centro urbano. Neste sentido, e de forma geral, foi possível observar que os zoneamentos e vias instituídas pelo Plano Diretor estão parcialmente compatibilizados com a realidade e com os dados apresentados pela análise do sistema configuracional urbano.

REFERÊNCIAS

DepthMap®. Disponível em: <http://www.ia.arch.ethz.ch/depthmap-software-and-tutorial/>. Acesso em 12.12.2014

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Disponível em:

<http://www.ibge.gov.br/home/>. Acesso em 14.12.2015

HILLIER, Bill; HANSON, Julianne. **The social logic of space**. Cambridge: Cambridge University Press, 1984.

HILLIER, Bill; PENN, A.; HANSON; GRAJEWSKI, T.; XU, J. Natural movement: or, configuration and attraction in urban pedestrian movement. **Environment and Planning B**, v. 20, p. 29-66, 1993.

KLARQVIST, Björn. **A Space Syntax Glossary**. Nordisk Arkitekturforskning, 1993.

<http://www.urbanidades.arq.br/docs/posarq/sintaxe/space-syntax-glossary-bjorn-klarqvist-1993.pdf> Acesso em 18.09.2016;

PLANO DIRETOR DE DESENVOLVIMENTO URBANO. Prefeitura Municipal de Santa Cruz do Sul: Prefeitura Municipal, 1976. 381p. Disponível em <http://www.santacruz.rs.gov.br/geo/>. Acesso em 18.12.2015

SABOYA, Renato. **Sintaxe Espacial**. Disponível em: <http://urbanidades.arq.br/2007/09/sintaxe-espacial/>. Acesso em 05.09.2016

Lendo e medindo a cidade. Disponível em: <http://urbanismo.arq.br/metropolis/wp-content/uploads/2009/09/Lendo-e-Medindo-a-Cidade.pdf>. Acesso em 18.09.2016;

Urbanidades: <http://urbanidades.arq.br/2011/04/sintaxe-espacial-graficos-de-visibilidade-2/>



UGALDE, C. Mainiere de; RIGATTI, Décio. **Configuração espacial e desenvolvimento urbano-regional.** XII ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM PLANEJAMENTO URBANO E REGIONAL, 2007; Belém - Pará – Brasil.

USO DO GEOPROCESSAMENTO NA ANÁLISE AMBIENTAL COMO SUBSÍDIO PARA A INDICAÇÃO DE ÁREAS COM POTENCIAL DE EXPLORAÇÃO SILVICULTURAL NO MUNICÍPIO DE PIRATINI – RS

Roberta Aparecida Fantinel¹, Daniel Souza², Ana Caroline Paim Benedetti³

¹Av. Antônio Trilha, 1847, CEP: 97300-000; São Gabriel – RS, Brasil, roberta.fantinel@bol.com.br

^{2,3}Colégio Politécnico da UFSM, Av. Roraima, 1000, CEP: 97105-900, Camobi, Santa Maria – RS, Brasil.
danielgeop@gmail.com; anacaroline@politecnico.ufsm.br

RESUMO

A partir da importância de se indicar áreas com potencial de exploração silvicultural no município de Piratini – RS, adotou-se neste trabalho o uso do geoprocessamento como subsídio para esta análise geoambiental. Com a elaboração de mapas temáticos foi possível realizar uma análise e definir as áreas para exploração agrosilvipastoril julgadas importantes. Para identificação dessas áreas potenciais foi utilizado o módulo “Avaliação ambiental” do Software Vista SAGA disponibilizado pelo Laboratório de Geoprocessamento da Universidade Federal do Rio de Janeiro (LAGEOP). Os mapas foram confeccionados no Software Spring. A partir deles, foram realizadas análises ambientais através da identificação de áreas potenciais para silvicultura. A esses mapas, confeccionados para a análise anteriormente citada, foram atribuídos diferentes pesos, buscando assim obter valores mais próximos à realidade. Como resultado final foram concebidos mapas que expressam a aptidão para a ocorrência da atividade questionada.

Palavras-chave: Análise Geoambiental. Geoprocessamento. Silvicultura.

ABSTRACT

From the importance of indicating areas with potential for silvicultural operation in Piratini - RS, was adopted in this study the use of GIS as a subsidy for this geo-environmental analysis. With the development of thematic maps was possible to carry out an analysis and define the areas for exploration agrosilvipastoril deemed important. To identify these potential areas we used the module "Environmental Assessment" Software View SAGA available the GIS Laboratory of the Federal University of Rio de Janeiro (LAGEOP). The maps were made in the Software Spring. From them, there were environmental analysis by identifying potential areas for forestry. To these maps, made to the above-mentioned analysis, we were assigned different weights, thus seeking to get closer to reality values. The end result are designed maps that express the ability for the occurrence of the questioned activity.

Keywords: Geoenvironmental Analysis. Geoprocessing. Forestry.

1 INTRODUÇÃO

O Geoprocessamento como ferramenta de análise ambiental tem evoluído muito, a partir da necessidade de um planejamento ambiental que ofereça respostas na mesma velocidade em que as transformações aconteçam, essas que, em sua maioria, são consequências de ação antrópica (RAMOS, 2009).

De acordo com Xavier (2001) o Geoprocessamento é um conjunto de técnicas de processamento de dados, destinado a extrair informação ambiental a partir de uma base de dados georreferenciada. Ainda segundo o mesmo autor, as avaliações ambientais têm por objetivo a delimitação de áreas com condições específicas para determinada utilização, envolvendo situações de riscos e potenciais.

Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) constituem uma eficiente forma de armazenamento e atualização dos dados ambientais a serem trabalhados, além de propiciar a análise de situações reais ou hipotéticas, permitindo a substituição direta de qualquer dado registrado, além disso, o SIG pode agregar os dados previamente cartografados, dados estatísticos e dados teledetectados, tornando-se possível avaliar situações ambientais naturais e socioeconômicas do ambiente (SILVA, 2007).

O uso de ferramentas geotecnológicas, que incluem imagens orbitais, sistemas de posicionamento por satélite e programas de Sistema de Informações Geográficas (SIG), permite obter mapas com rapidez e precisão a partir da atualização dos bancos de dados, sendo uma ferramenta importante no estudo, como por exemplo, para análise ambiental de áreas com potencialidades para as atividades no ramo da silvicultura.

Segundo Valverde (2012), a silvicultura é uma ciência dedicada ao estudo de métodos hábeis a promover a implantação e a regeneração dos povoamentos florestais, em função não apenas de interesses econômicos, mas também sociais, culturais e ecológicos. A avaliação de impactos econômicos e socioambientais decorrentes da implantação dos empreendimentos e atividades florestais vem se tornando, cada vez mais, uma ferramenta de fundamental importância para a tomada de decisão dentro do processo de gestão florestal com vistas ao desenvolvimento de uma silvicultura sustentável.

Assim, o geoprocessamento tem sido cada vez mais utilizado para estudos de análise ambiental permitindo realizar diagnósticos das condições ambientais de uma determinada área e até mesmo detectar alterações decorrentes da intervenção humana nos ecossistemas (DIAS et al., 2004).

Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo identificar as áreas com potenciais para o desenvolvimento de atividades silviculturais no município de Piratini – RS.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O município de Piratini, localizado no Estado do Rio Grande do Sul, Brasil, situa-se aproximadamente entre as coordenadas 30°18'05" e 31°55'12" de latitude Sul e 52°35'08" e 53°00'00" de longitude Oeste. A maior parte do município é composta por propriedades rurais de grandes extensões, atualmente muitas dessas áreas, que historicamente encontravam-se subutilizadas e a espera de valorização foram vendidas às empresas de beneficiamento de madeiras florestadas como o Pinus, a Acácia e o Eucalipto (SELL, 2011).

Segundo a classificação de Rossato (2001) o clima do município é subtropical, com precipitação pluviométrica entre 1200 e 1500 mm anuais, distribuídos no mínimo em 80 e no máximo 100 dias de chuva.

Conforme Cunha (1997), os solos profundos ou pouco profundos e quimicamente férteis ocupam pequena percentagem, além disso, o município possui solos moderadamente suscetíveis à erosão e com severas limitações que restringem a escolha de plantas, bem como, a necessidade de práticas de conservação.

Quanto a geologia do município apresenta uma variedade de rochas ígneas de natureza plutônica (granitos) e rochas encaixantes dos diques, no qual apresentam boas exposições em todo o município, principalmente na forma de lajedos ao longo das drenagens, encostas e em cortes de estradas da região (ZANON, 2005 e CPRM, 2014).

Referente à vegetação pode ser dividida em duas categorias de campos: os campos limpos (sem componentes lenhosos) e os campos sujos (campos com arbustos) além das áreas de floresta no entorno da Serra do Sudeste (OVERBECK et al., 2009).

2.2 ELABORAÇÃO DOS MAPAS TEMÁTICOS

A avaliação ambiental para determinar as áreas com potencial para exploração da silvicultura compreendeu a análise integrada de diferentes mapas temáticos.

Os mapas confeccionados referem-se às variáveis: hipsometria, clinografia (declividade percentual), geologia, tipologias de solo, área de preservação permanente (APP) e classes de uso e cobertura da terra.

Para a elaboração dos mapas temáticos foi utilizado o software *SPRING* (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas), desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais-INPE (CÂMARA et al., 1996) na versão 5.3.

Os mapas hipsométrico e clinográfico foram elaborados com base nas imagens referentes a um modelo digital de elevação Geotiff do radar Shuttle Radar Topography Mission (SRTM, 2014). A confecção do mapa hipsométrico foi realizada a partir do fatiamento da grade altimétrica correspondente à imagem Geotiff. As fatias foram ordenadas segundo o intervalo de 100 metros de altitude, iniciando em zero metro até o limite máximo de 500 metros de altitude.

Quanto a confecção do mapa clinográfico foram estabelecidas classes de declividade adaptados de Ross (1994) e Salomão (1999) que representa o percentual em intervalos de 0 a 5% (superfícies planas ou quase planas nas quais o escoamento superficial é lento não oferecendo dificuldades ao uso de máquinas agrícolas); 5 a 12% (áreas com relevo suave ondulado e escoamento superficial médio ou rápido, solos facilmente erodíveis), 12 a 20% (relevos ondulados nas escarpas erosivas), 20 a 30% (relevo forte ondulado susceptibilidade a erosão e a perda de potencial produtivo), 30 a 43% e >43% (relevo fortemente ondulado que correspondem às atividades agrícolas restritas, pastoreio reflorestamento e a preservação da vegetação nativa).

Para o mapa de formações geológicas foram utilizados os arquivos vetoriais fornecidos pelo IBGE (2016), sendo esses também importados no banco de dados e selecionados os polígonos referentes à área de abrangência do município.

O mapa de tipologias de solo foi elaborado pela aquisição dos arquivos vetoriais disponibilizados pela Embrapa (2016), os quais foram importados no banco de dados e selecionados os polígonos referentes à área de abrangência do município de Piratini.

As áreas de preservação permanente foram definidas considerando o que preconiza a Lei nº 12.651/2012 (artigo 4), que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa da delimitação das áreas de preservação permanente, no entorno da rede hidrográfica (BRASIL, 2012).

Para o mapeamento do uso e cobertura da terra do município de Piratini foram identificadas com base em imagens de satélite as seguintes classes temáticas: água, campo, solo exposto e floresta nativa e plantada. As imagens do sensor *Operational Land Imager* (OLI) do satélite Landsat 8 foram adquiridas através da *United States Geological Survey* (USGS, 2016), referente ao dia 08 de outubro de 2013.

A análise para identificação de áreas com potencialidades para o ramo da silvicultura foi realizada pelo módulo “Avaliação Ambiental” do software Vista SAGA (Sistema de Análise Geoambiental) disponibilizado pelo LAGEOP (Laboratório de Geoprocessamento da Universidade Federal do Rio de Janeiro). Após a confecção dos mapas no software SPRING, os mesmos foram exportados no formato Geotiff, para posterior importação no Vista SAGA.

Com a importação das imagens iniciou-se o processo de rasterização, que tem como objetivo converter o arquivo para um formato próprio do aplicativo. No módulo “Avaliação Ambiental”, foi realizada as análises ambientais, identificando as áreas potenciais para a silvicultura. Em todas as análises foram integrados os diferentes mapas temáticos descritos anteriormente e para cada um deles foram atribuídos diferentes pesos que totalizaram 100%.

A atribuição de pesos de acordo com Xavier (1999) deve responder a relação ao conjunto de cartogramas digitais selecionados, qual a importância relativa, em pontos percentuais do tipo de característica ambiental contido em cada cartograma digital (geologia, solos, uso da terra, entre outros), para a ocorrência da alteração ambiental.

A escolha dos parâmetros (mapas) envolvidos bem como atribuições de pesos e notas para as avaliações devem ser realizadas de acordo com a opinião do pesquisador do projeto, e que esta escolha é um processo extremamente interativo e interdisciplinar, devendo contar com técnicos especializados nos temas em discussão a fim de se obter valores mais próximos à realidade (MARINO et al., 2012),.

Para Silva (2014), a distribuição de pesos para cada parâmetro possibilita a hierarquização, segundo o ponto de vista dos analistas envolvidos, em função do grau de influência daquele parâmetro na probabilidade da ocorrência do fenômeno analisado, em relação aos demais envolvidos na avaliação.

Com as informações mapeadas no formato *raster*, os mapas foram utilizados como dados de entrada no sistema Vista SAGA em sua função “Avaliação Ambiental”, que se utiliza do processo de superposição de mapas, aos quais são dados pesos e também notas, para cada tipo de legenda, de acordo com sua menor ou maior importância na avaliação de riscos e potenciais ambientais (MARQUES, 2011).

Desta forma, a etapa seguinte compreendeu a atribuição de notas de 1 a 10 para as diferentes classes constituintes de cada mapa temático. Nessa escala, os valores foram categorizados de baixíssimo até altíssimo potencial para as atividades silviculturais.

A Tabela 1 apresenta os pesos dos mapas temáticos e as correspondentes notas atribuídas para cada classe.

Tabela 1- Pesos atribuídos aos parâmetros avaliados e as respectivas notas para as classes temáticas para avaliação do potencial das atividades no ramo da silvicultura no município de Piratini, Rio Grande do Sul.

Atividade Potencial			Silvicultura
Mapa	Peso (%) Silvicultura	Classe	Nota
APP	2	Área de Preservação Permanente	2
Solo	20	Neossolo Litólico Eutrófico (RLe23)	9
		Argissolo Vermelho- Amarelo Distrófico (PVAd37)	7
		Planossolo Háplico Eutrófico (SXe19)	5
Uso da Terra	28	Água	1
		Campo	8
		Floresta Nativa	9
		Floresta Plantada	9
		Solo Exposto	7
		Zona Urbana	2
Clinografia	20	0-5%	4
		5-12%	7
		12-20%	7
		20-30%	3
		30-43%	2
		> 43%	1
Hipsometria	15	0-100m	2
		100-200m	3
		200-300m	4
		300-400m	6
		400-500m	6
Geologia	15	Granitóides	8
		Porongos	7
		Depósitos Colúvio- aluvionares	4
		Sanga do Cabral	4
		Arroio dos Nobres	7
		NP2pi- Pinheiro Machado	4
		Diorito Capim Branco	4

Os resultados obtidos neste trabalho demonstram que a maior parte da cobertura florestal do município de Piratini ocorre principalmente na declividade de 5 a 12%, nestas áreas o tipo de relevo é suave ondulado. Pequenas áreas de cobertura florestal também podem ser observadas na declividade de 12 a 20% que correspondem ao relevo do tipo ondulado. Nessas áreas de florestas estão inseridos todos os tipos de vegetação arbórea, quais sejam florestas nativas primárias, secundárias e capoeiras totalizando 94.835,60ha e as florestas plantadas, como por exemplo, povoamentos de *Acácia*, *Pinus* sp. e *Eucalyptus* sp. totalizaram 36.986,67ha.

Na classe solo exposto foram consideradas as áreas em fase de preparo do solo para o cultivo bem como as ocupadas para agricultura, totalizando uma área de 111.988,00ha.

A área de campo representa o total de 109.240,00ha, sendo a maior parte encontrada na declividade de 12 a 20% (solo ondulado) e de 0 a 5 % (solo plano). As demais classificações de 20 a 30%, 30 a 43% e acima de 43% tiveram menor representatividade para a análise.

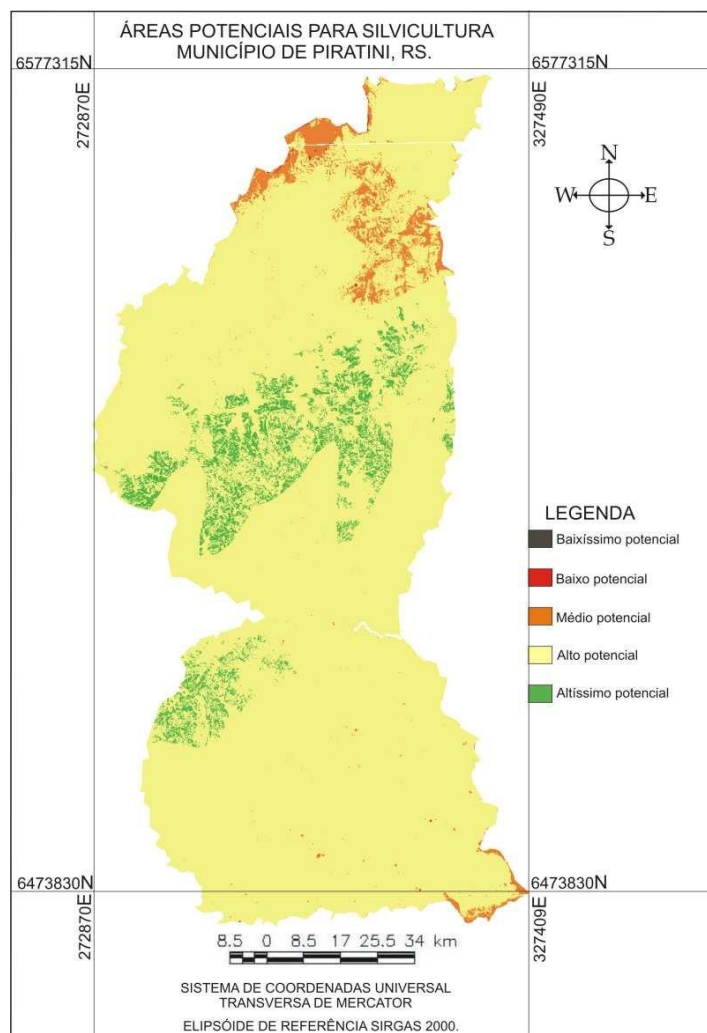
A classe água totalizou 918,90 hectares e compreende açudes, barragens e corpos hídricos. Referente à geologia, a maior parte da área destaca-se pela presença das unidades Granitóides encontradas em quase todo o município de Piratini, seguido de Porongos, Sanga do Cabral, Arroio dos Nobres, Depósitos Colúvio-aluvionares, NP2-pi-Pinheiro Machado e Diorito Capim Branco respectivamente.

A análise do potencial para aptidão da silvicultura demonstrou um alto potencial (representada pelo agrupamento das notas 6 e 7) para essa atividade em quase todo município de Piratini; essas áreas foram quantificadas em 320.578,00ha. A silvicultura é uma atividade econômica consolidada no município, que possui 58.733ha de florestas (IBGE, 2006), de *Acácia-negra*, *Pinus* e *Eucalipto*, representando 16,6% de sua extensão territorial.

Na porção central no município 18.547,60ha demonstraram ser de altíssimo potencial silvicultura (nota 8), essas áreas estão associadas à ocorrência de solos neossolos e às declividades moderadas. As áreas de médio potencial (nota 5) somaram 11.998,30 ha e aparecem concentradas ao norte, associadas aos solos argissolo e as unidades geológicas Sanga do Cabral e Depósitos Colúvio-aluvionares. No extremo sul do município, destacam-se o solo Planossolos e novamente os Depósitos Colúvio-aluvionares.

As áreas de baixo potencial (nota 4) e baixíssimo potencial (nota 3) são inexpressivas em relação a extensão territorial de Piratini e foram quantificadas em 2.770,10ha e 75,00ha respectivamente. A figura 1 representa o mapa de potencial para a silvicultura no município de Piratini, e ao confrontarmos essa informação com o mapeamento de uso e cobertura da terra observa-se que a maior extensão de florestas plantadas encontra-se em áreas indicadas como sendo de alto potencial, no entanto, é identificada uma área de altíssimo potencial que poderia também ser explorada para essa atividade.

Figura 1 – Áreas potenciais para a atividade silvicultural no município de Piratini, RS.



A Tabela 2 apresenta as áreas de cada classe potencial, bem como sua percentagem em relação às notas atribuídas.

Tabela 2 - Área total por classe de notas atribuídas e seu percentual de ocupação em relação a área total do município de Piratini, RS.

Baixíssimo	3	75,00	0,02
Baixo	4	2.770,10	0,78
Médio	5	11.998,30	3,39
Alto	6 e 7	320.578,00	90,57
Altíssimo	8	18.547,60	5,24
-	Total	353.969,00	100

4 CONCLUSÃO

Esse estudo permite afirmar que a utilização de técnicas de geoprocessamento aliadas a uma metodologia adequada pode desempenhar papel importante para o ganho de conhecimento e nas análises da dinâmica relativa ao ambiente e paisagem, itens significativos no planejamento e gestão territorial. Com o auxílio do Geoprocessamento, a partir da geração de bases de dados geocodificados e atualizados, é possível utilizar de maneira racional os recursos naturais.

A análise ambiental possibilitou identificar que de modo geral, o município de Piratini possui 95,81% de potencialidade para realizar as atividades ligadas ao ramo da silvicultura. Deste modo, o presente trabalho poderá contribuir para futuros planejamentos e tomada de decisões por parte das empresas reflorestadoras que estão instaladas no município, fornecendo subsídios para a melhor inserção dessa atividade no ambiente, buscando minimizar os impactos ocasionados por intervenções na paisagem.

REFERÊNCIAS

BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012.** sobre o Código Florestal Brasileiro. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm>. Acessado em: 21 out. de 2016.

CÂMARA, G.; SOUZA, R. C. M.; FREITAS, U. M.; GARRIDO, J. **SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling.** Computers & Graphics, Amsterdam, v. 20, n. 3, p. 395-403, May-Jun 1996.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS, CPRM. **Sistema de Informações de Águas Subterrâneas, SIAGAS.** Banco de dados dos poços cadastrados em Piratini-RS.

Disponível em: <<http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/pesquisacomplexa.php>>. Acessado em: 21 out. de 2016.

CUNHA, N. G.; SILVEIRA, R. J. C.; SEVERO, C. R. S.; NUNES, M. L.; COSTA, F. A.; SOARES, M. J.; COSTA, C. N. **Estudo dos solos do município de Piratini.** Pelotas: EMBRAPACPACT; Ed. UFPel, p. 90, 1997.

DIAS, J. E.; GOES, M. H. B.; SILVA, J. X.; GOMES, O. V. O. **Geoprocessamento aplicado à análise ambiental: o caso do município de Volta Redonda – RJ.** In.: XAVIER DA SILVA, J.; ZAIDAN, R.T. (org.). Geoprocessamento & análise ambiental: aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004, 368 p.

EMBRAPA. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.** Disponível em: <<http://sosgisbr.com/2012/06/04/mapa-de-solos-do-brasil-2011-embrapa/>>. Acessado em: 21 out. de 2016.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Censo Agropecuário 2006.
Disponível em:

<http://www.cidades.ibge.gov.br>. Acessado em: 21 out. de 2016.

MARINO, T. B. **Vista Saga 2005: Sistema de Análise GeoAmbiental**. Instituto de Matemática, Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2005, 72p. Monografia (Ciências da Computação) - Instituto de Matemática. Rio de Janeiro.

MARQUES, J. A. P. **Estudo de metodologia de avaliação de risco a escorregamento de terra em área urbana: o caso do município de Juiz de Fora – MG**. 2011, 146p. Dissertação (Mestrado em Ambiente Construído) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Minas Gerais.

OVERBECK, G. E.; MULHER, S. C., FIDELIS, A.; PFADENHAUER, J.; PILLAR, V. P. **Os campos**

sulinos: um bioma negligenciado. In: PILLAR, V. D.; MÜLLER, S. C.; CASTILHOS, Z.; JAQUES,

A.V.A (Org.). Campos Sulinos – conservação e uso sustentável da biodiversidade. Brasília: MMA, p. 26-41, 2009.

RAMOS, V. D. V. **Caracterização e análise da dinâmica de mudanças da ocupação do município de Nova Lima como apoio a estudos preditivos de transformação espacial**. 2009, 138p. Dissertação (Mestrado em Geografia) Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

ROSS, J. L. S. Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**, n. 8, São Paulo: FFLCH/ USP, 1994.

ROSSATO, M. S. **Os climas do Rio Grande do Sul: variabilidade, tendências e tipologia**. 2011, 253p. [Tese de doutorado em Geografia]. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

SALOMÃO, F. X. T. Controle e prevenção dos processos erosivos. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA A. S.; BOTELHO, R. G. M. (Org.) **Erosão e conservação dos solos: conceitos temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.

SELL, J. C. **Diferentes modelos, diferentes caminhos: a busca pela sustentabilidade ambiental no município de Piratini, RS**. 2011, 173p. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

SILVA, L. P. **Modelagem e Geoprocessamento na Identificação de Áreas com Risco de Inundação e Erosão na Bacia do Rio Cuiá**. 2007, 118p. Dissertação (mestrado em Engenharia Urbana). Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa.

SILVA, N. M. F. **Geoprocessamento no apoio à avaliação da qualidade de vida no município de Seropédica – RJ**. 2014, 54p. Monografia (Geografia)-Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

USGS. **United States Geological Survey**. Disponível em:
<<http://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acessado em: 21 out. de 2016.

VALVERDE, S. R. et al. **Silvicultura brasileira – oportunidades e desafios da economia verde**. Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável – FBDS, 2012.
Disponível em:
<<http://fbds.org.br/fbds/IMG/pdf/doc-549.pdf>>. Acesso em: 28 out. 2016.

XAVIER, S. J. da. **SGi's: Uma Proposta Metodológica**. Rio de Janeiro: Lageop.
(Apostila do Curso de Especialização em Geoprocessamento, Mídia CD-ROM), 1999.

XAVIER, S. J. da. "Geoprocessamento e Análise Ambiental", Cap. 11, **Sistemas Geográficos de Informação: uma metodologia**. Rio de Janeiro, Edição do autor, Rio de Janeiro, RJ, p. 165-198, 2001.

ZANON, C. **Petrografia, química mineral e geoquímica dos enxames de diques e suas encaixantes nas regiões de Piratini e Pinheiro Machado, RS**. 2005, 306p. Tese (Doutorado em Geoquímica e Geotectônica) - Universidade de São Paulo, São Paulo.

VARIABILIDADE ESPACIAL DA ESTRUTURA DE UM NEOSSOLO REGOLÍTICO EUTRÓFICO, SOB DIFERENTES FITOFISIONOMIAS

*Spatial variability of the structure of a NEOSSOLO REGOLITICO
Eutrófico under different vegetation types*

Guilherme Fávero Rosado¹, Júlio Cesar Wincher Soares², Claiton Ruviano³, Daniel Nunes Krum¹, Thiago Floriano Cardoso¹, Lenon Vaz¹, José Leonardo Bonoto¹, Dalvan José Reinert⁴.

¹ Graduandos em Agronomia, Laboratório de Solos da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI – Campus Santiago. Avenida Batista Bonoto Sobrinho, Santiago-RS, 97700-000. guilhermeefavoro@gmail.com.

² Professor Dr. do Curso de Agronomia e de Ciências da Computação. Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI – Campus Santiago. juliowincher@gmail.com.

³ Professor Coord. Dr. do Curso de Agronomia. Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI – Campus Santiago. ruviano@urisantiago.br.

⁴ Professor PhD da Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, departamento de Solos. Av. Roraima, 1000, Prédio 42, Santa Maria RS. dalvan@ufsm.br.

RESUMO

Os cultivos florestais são considerados os principais agentes de transformação da paisagem, e são alvos de inúmeras controvérsias quanto aos seus impactos ambientais. Este estudo avaliou a variabilidade espacial da estrutura de um NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico, submetido à implantação de povoamentos florestais. Foi utilizado um *grid* amostral de 15 x 15 m, totalizando 96 pontos de prospecção. A variabilidade espacial da estrutura solo foi avaliada com o emprego de algoritmos de Krigagem. As propriedades físicas do solo DS e MACRO ajustaram-se ao modelo Gaussiano, com GDE classificado como moderado. As propriedades PT e MICRO, também apresentaram GDE moderado, com ajuste ao modelo esférico e exponencial, respectivamente. A densidade amostral viabilizou a definição das variáveis com exatidão. O impacto da inserção dos povoamentos de Eucalipto e Pinus foi positivo em relação ao campo nativo, elevando a qualidade da estrutura do solo.

Palavras-chave: Impacto ambiental dos florestamentos. Krigagem. Propriedades físicas do solo.

ABSTRACT

Forest crops are considered the main landscape transformation agents, and are targets of numerous controversies as to its environmental impacts. This study evaluated the spatial variability of the structure of a NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico, submitted to the implementation of forest stands. A sampling grid of 15 x 15 m, totaling 96 points prospecting was used. The spatial variability of soil structure was evaluated with the use of kriging algorithms. The physical properties of soil DS and MACRO set the Gaussian model, with GDE classified as moderate. Properties PT and MICRO also showed moderate GDE, adjusted to spherical and exponential model, respectively. The sample density allowed the definition of variables accurately. The impact of the insertion of crops of Eucalyptus and Pinus was positive in relation to the native field, raising the quality of the soil structure.

Keywords: Environmental impact of afforestation. Kriging. Soil physical properties.

1 INTRODUÇÃO

A degradação do solo é uma ameaça que se propaga globalmente (LAL et al., 1989), estima-se que quase 2 bilhões de hectares são afetados diretamente pela degradação do solo induzida por fatores antrópicos (UN, 2000).

Conforme Soares et al. (2015), os cultivos florestais exóticos são considerados os principais agentes de transformação da paisagem, e são alvos de inúmeras controvérsias quanto aos seus impactos ambientais. De acordo com Viana (2004) e Cardoso et al. (2008) a silvicultura é danosa para o ciclo hidrológico, atuando como agente de degradação do solo. Outros autores consideram que a silvicultura não deprecia o ciclo hidrológico, e sim, melhora o seu funcionamento, conservando o solo e a sua biodiversidade, contribuindo para a ciclagem de nutrientes (EWEL, 1976; KAGEYAMA; GANDARA, 2005; LIMA et al., 2007; BERNARDINO; GARCIA, 2009).

Entende-se por degradação do solo a deterioração ou desgaste de suas propriedades químicas, físicas, morfológicas e biológicas (CAPECHE, 2004). A degradação da estrutura do solo culmina em alterações no arranjo das suas partículas, acarretando a diminuição no tamanho dos poros, principalmente os macroporos, causando à redução na área da seção transversal para o fluxo de água, juntamente com percursos mais tortuosos para o movimento dos fluidos (SOUZA; ALVES, 2003), afetando com isso o papel do solo no ciclo hidrológico.

Um dos desafios atuais da ciência do solo é como avaliar a qualidade de um solo. Para Dexter (2004), a qualidade do solo deve ser estudada sob três exterioridades: física, química e biológica, sendo de grande importância para avaliar a dimensão da degradação ou definir a necessidade de correção, e para identificar a sustentabilidade dos sistemas de uso e manejo do solo. Contudo, a qualidade física do solo merece destaque especial, pois, acredita-se que tem grande efeito nos processos químicos e biológicos do solo, entretanto, ainda é pouco estudada durante a avaliação da qualidade do solo.

Com o objetivo de viabilizar a análise e comparação da qualidade dos solos sob vegetação natural e submetidos a diferentes usos e manejos, pode-se constituir índices numéricos de qualidade dos solos ou adotar a linha de modelagem/simulação, gráfica ou matemática-computacional. Tradicionalmente, a construção desses índices de qualidade de solo é realizada com coletas pontuais, criando a demanda por métodos de análise espacial para a sua avaliação, ou seja, métodos com que confirmem continuidade aos dados, com elevada acurácia.

O monitoramento espacial da qualidade do solo deve ser realizado nas diferentes regiões agroecológicas do planeta, mensurando as mudanças no solo num período longo de tempo. Norteados assim, o manejo e a conservação do solo e da água comprometido com a melhoria das propriedades dos solos, sem comprometer a qualidade dos recursos hídricos. No entanto, o estabelecimento de índices de qualidade do solo é uma importante ferramenta para a avaliação de impactos ambientais quando os biomas são incorporados ao processo produtivo, seja de forma extensiva ou intensiva. Assim, torna-se um importante instrumento nas funções de controle, fiscalização e monitoramento de áreas destinadas à conservação e proteção ambiental (ARAÚJO et al., 2007).

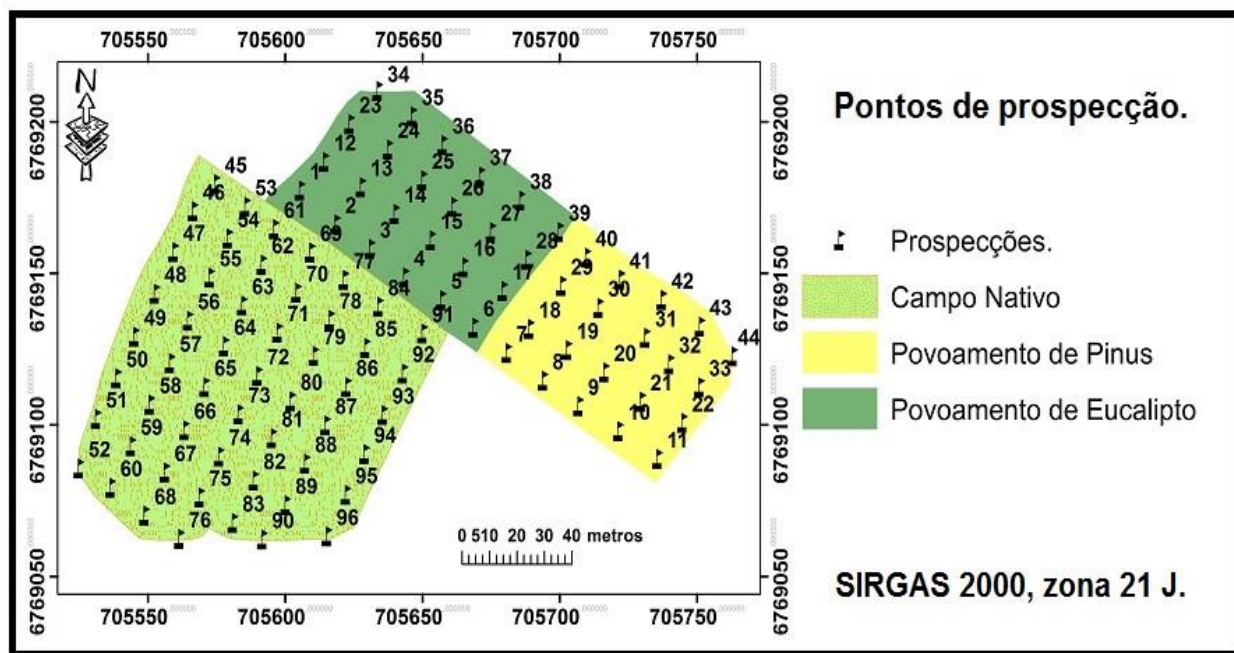
A hipótese do presente trabalho é que a inserção de povoamentos de Eucalipto e de Pinus proporcionam impactos na estrutura do solo, e esses impactos podem ser mensurados por técnicas de análise espacial.

Assim, este estudo tem por objetivo avaliar a distribuição espacial e a qualidade da estrutura de um NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico, submetido à inserção de povoamentos de Eucalipto e de Pinus.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em uma área de 2,10 ha da Fazenda Escola da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Campus de Santiago, com coordenadas centrais UTM 705.589E 6.769.112N (SIRGAS 2000, zona 21J) (Figura 1).

Figura 1 – Distribuição espacial dos pontos de prospecção num NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico, sob diferentes fitofisionomias.



Conforme a classificação de Köppen, o tipo climático predominante é o Cfa, subtropical úmido com precipitação abundante em todos os meses do ano, perfazendo uma precipitação anual de 1.919 mm, com temperatura média anual de 17,9 °C (MORENO, 1961). O relevo por sua vez, apresenta formas que vão de suave ondulado a ondulado, com altitudes que alcançam cerca de 394 metros.

O componente geológico é formado principalmente por rochas sedimentares (arenitos e lutitos) e vulcânicas (basalto e riólito) distribuídas nos compartimentos geomorfológicos do Planalto da Campanha, Planalto das Missões, Planalto das Araucárias e a Depressão Central (IBGE, 2003).

A vegetação encontra-se sob o domínio da Estepe Estacional, da Floresta Estacional Decidual e da Estepe Ombrófila (LEITE, 2002), distribuídas nos Biomas do Pampa e da Mata Atlântica (IBGE, 2004). Na composição do uso do solo e cobertura vegetal, predominam cultivos agrícolas, formações campestres e florestas nativas em diferentes estágios regenerativos.

Desta forma, esses componentes da paisagem contribuem para a formação de diferentes classes de solos, em uma escala de desenvolvimento que vai de NEOSSOLO LITOLICO Eutrófico até LATOSSOLO VERMELHO Distrófico (STRECK et al., 2008). Foi avaliado um polipelon de NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico, sob campo nativo, com mais de três décadas (1,10 ha), um povoamento de Eucalipto (0,55 ha) e um povoamento de Pinus (0,45 ha), ambos com 12 anos de implantação (Figura 1).

A descrição pedométrica se deu com 96 pontos de prospecções de uma malha, com intervalos regulares de 15 m, na profundidade de 0,0 – 0,20 m (Figura 1). Para a alocação dos pontos foi empregado um receptor GNSS (*Global Navigation Satellite System*), com dupla frequência (L1/L2) e disponibilidade de RTK (*Real Time Kinematic*), utilizando o Datum horizontal SSIRGAS 2000, zona 21 J.

Durante as prospecções foram coletadas amostras indeformadas (estrutura preservada) para determinar os valores da densidade do solo (DS), da porosidade total (PT), da macroporosidade (MACRO) e da microporosidade (MICRO), as análises foram realizadas conforme Donagema (2011).

A variabilidade do solo foi, primeiramente, avaliada pela análise estatística descritiva. A normalidade dos dados foi testada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov, ao nível de 5% de significância.

O relacionamento entre as propriedades físicas do solo foi procedido com a análise de correlação de Pearson, ao nível de 5% de significância.

A dependência espacial foi analisada por meio da geoestatística, com o ajuste de semivariograma teóricos (considerando o maior coeficiente de determinação - R^2 e o menor Erro Quadrático Médio - EQM). O grau de dependência espacial (GDE) foi classificado conforme Cambardella et al. (1994), onde a dependência espacial é fraca, quando a razão do efeito pepita for superior a 75% do patamar, a dependência espacial moderada, quando a razão do efeito pepita for superior a 25% e inferior ou igual a 75% do patamar e a dependência espacial forte, quando a razão do efeito pepita for inferior ou igual a 25% do patamar.

Posteriormente, os mapas de distribuição espacial das propriedades do solo foram elaborados no Sistema de Informações Geográficas (SIG), utilizando algoritmos Krigagem.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados referentes à análise descritiva para as propriedades porosidade total (PT), macroporosidade (MACRO), microporosidade (MICRO) e densidade do solo (DS), indicaram conformação dos dados à distribuição normal (Tabela 1).

Tabela 1 - Análise descritiva das propriedades físicas do NEOSSOLO REGOLITICO Eutrófico, sob diferentes fitofisionomias.

Propriedade	Casos	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão	Variância	CV (%)	K-S	SIG
DS (g cm^{-3})	96	0,97	1,55	1,29	0,12	0,02	9,30	0,43	0,99
PT (%)	96	34,18	64,14	51,45	5,64	31,78	10,96	0,45	0,99
Macro (%)	96	1,23	24,87	10,80	4,36	18,99	40,37	0,65	0,80
Micro (%)	96	31,66	51,58	40,65	4,37	19,12	10,75	0,63	0,82

DS: Densidade do solo. PT: Porosidade total. MACRO: Macroporosidade. MICRO: Microporosidade. CV: Coeficiente de variação. K-S: Teste de Kolmogorov-Smirnov. Sig: Significância ($p < 0,05$).

A DS apresentou valores entre 1,0 e 1,5 g cm^{-3} , perfazendo uma média de 1,3 g cm^{-3} , a qual se encontra dentro da faixa de 0,9 a 1,8 g cm^{-3} , considerada aceitável para o desenvolvimento radicular da maioria das culturas (WARRICK; NIELSEN, 1980). Os mesmos autores relatam que a DS é uma propriedade que apresenta baixo coeficiente de variação (CV) ($< 10,0\%$), concordando com os valores encontrados de 9,3% (Tabela 1).

A porosidade total (PT) apresentou valores entre 34,18 e 64,14%, culminando na média de 51,45%, com CV de 10,96% (Tabela 1), valor classificado como de baixa dispersão (WARRICK; NIELSEN, 1980).

Conforme a tabela 1, os valores de macroporosidade variaram entre 1,23 e 24,87%, produzindo a média de 10,80%, com CV de 40,37% (Tabela 1), valor considerado como de alta dispersão (WARRICK; NIELSEN, 1980).

A microporosidade apresentou valores com variação entre 31,66 e 51,58%, correspondendo a uma média de 40,65%, com CV de 10,96% (Tabela 1), valor avaliado como de baixa dispersão (WARRICK; NIELSEN, 1980).

De acordo com Camargo e Alleoni (1997), um solo ideal deve apresentar estrutura composta por 50% de volume de poros, que em sua capacidade de campo seria 33,5%

ocupado pela água e 16,5% ocupado pelo ar. Para Kiehl (1979), o solo ideal possui distribuição de poros de acordo com seu tamanho, sendo representada por 1/3 de macroporos e 2/3 de microporos. Já Hillel (1970), afirmou que para o bom desenvolvimento das plantas há necessidade de, no mínimo, entre 0,06 e 0,20 m³ m⁻³ de macroporos, dependendo do tipo de solo. Assim, pode-se afirmar que o NEOSSOLO REGOLITICO Eutrófico apresenta o espaço poroso próximo ao ideal (Tabela 1).

O conhecimento da DS proporciona grandes contribuições para o estudo da física do solo, pois permite avaliar atributos como porosidade, condutividade hidráulica, difusividade do ar, entre outros, além de ser utilizada como indicador do estado da compactação do solo (KIEHL, 1979; CAMARGO; ALLEONI, 1997).

É possível observar que a DS se relacionou com as demais propriedades físicas estudadas, pois, com o seu aumento, ocorreu diminuição da PT e da MACRO, resultando no aumento da MICRO (Tabela 2); corroborando com os resultados obtidos por Reinert e Reichert (2006) e Silva et al. (1986).

Tabela 2 - Significância e coeficientes de correlação de Pearson da densidade do solo (DS), porosidade total (PT), macroporosidade (MACRO) e microporosidade (MICRO) do NEOSSOLO REGOLITICO Eutrófico, sob diferentes fitofisionomias.

Propriedade	Casos	DS	PT	MACRO	MICRO
DS	96	-	-0,885*	-0,751*	-0,393*
PT	96	-0,885*	-	0,644*	0,647*
MACRO	96	-0,751*	0,644*	-	-0,166
MICRO	96	-0,0393*	0,647*	-0,166	1

^{ns} não significativo. * Correlação significativa a 5% de probabilidade.

A geoestatística indica que a PT se ajustou ao modelo esférico, comportamento observado por Souza et al. (2001), com valor de 0,99 do coeficiente de determinação (R²) e 16,41 de Erro quadrático médio EQM). Por sua vez, a MICRO apresentou ajuste ao modelo exponencial, comportamento descrito por Abreu (2000), com R² de 0,99 e EQM de 10,17. Por fim, a DS e a MACRO seguiram o ajuste pelo modelo gaussiano, corroborando com Vieira (2000), com R² de 0,86 e EQM 0,01, R² de 1,00 e EQM de 16,30, respectivamente (Tabela 3).

As propriedades DS, PT, MACRO e MICRO apresentaram alcance de 200 m (Tabela 3). Entende-se por alcance da dependência espacial o parâmetro que indica a distância máxima dentro da qual uma determinada variável está correlacionada. Dessa forma, seu valor garante que todos os vizinhos dentro de um círculo cujo raio é dado pela sua magnitude, sejam tão semelhantes que podem ser usados para estimar valores de tal variável, que estejam em qualquer outro ponto dentro do seu domínio (VIEIRA; LOMBARDI NETO, 1995), valores altos como 200m promovem uma maior confiabilidade em estimativas feitas (CORÁ; BERALDO, 2006).

Tabela 3 - Parâmetros dos modelos de semivariogramas ajustados para densidade do solo (DS), porosidade total (PT), macroporosidade (MACRO) e microporosidade (MICRO) em NEOSSOLO REGOLITICO Eutrófico, sob diferentes fitofisionomias

Prop.	Modelo	Alcance	Patamar	Pepita	R ²	EQM	Dependência	GDE (%)
DS	Gaussiano	200	0,02	0,01	1,00	0,01	Moderada	59,19
PT	Esférico	200	31,78	18,83	0,99	16,41	Moderada	59,25
MACRO	Gaussiano	200	18,99	10,61	0,86	16,30	Moderada	55,89
MICRO	Exponencial	200	19,12	12,14	0,99	10,17	Moderada	63,47

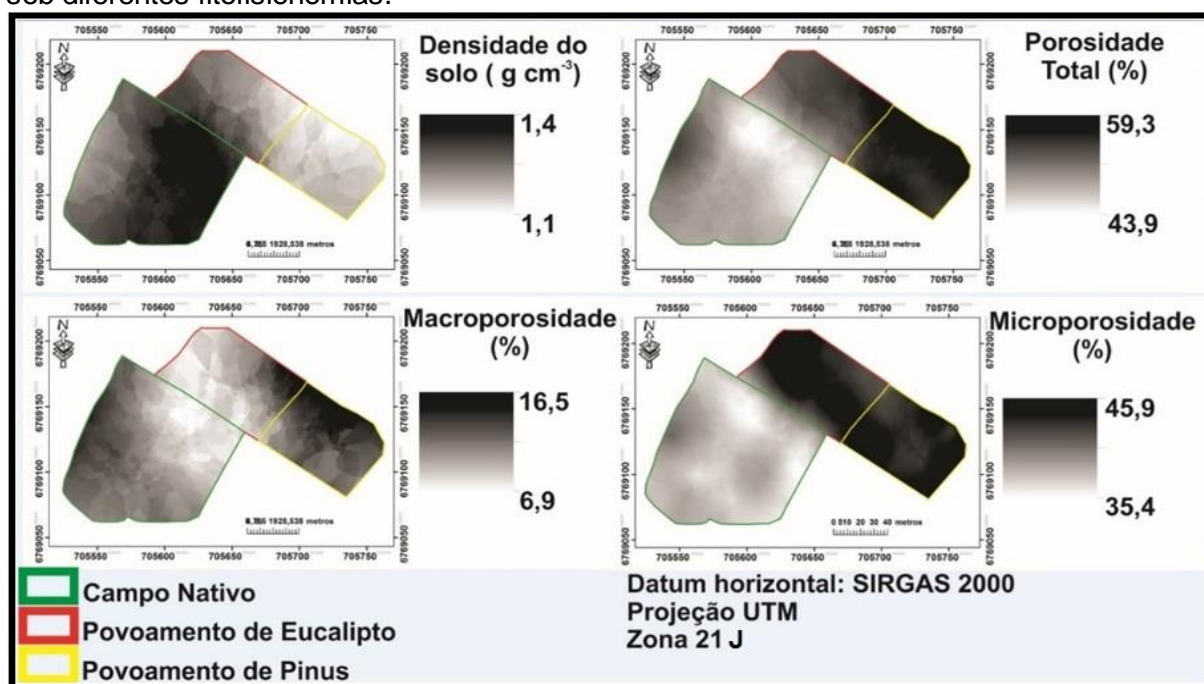
Prop: propriedade física do solo. R²: Coeficiente de determinação do modelo. EQM: Erro quadrático médio. GDE: Grau de dependência espacial.

O efeito pepita puro observado durante o estudo variou de 0,01 a 18,83, esses resultados indicam que ocorreu baixa variabilidade não explicada (Tabela 3), ou seja, há pouca carga de erros de medidas ou de micro variações não detectadas (CAMBARDELLA et al., 1994; PAZ et al., 1996; SALVIANO et al., 1998). Assim, pode-se afirmar que a distância de amostral de 15 m entre os pontos detectou a dependência espacial das variáveis.

Segundo Cambardella et al. (1994), todas as propriedades analisadas apresentaram GDE classificada como moderada, com efeito pepita variando entre 55,89 e 63,47% do patamar (Tabela 3), conforme Isaaks e Srivastava (1989), quanto maior for a diferença do efeito pepita em relação ao patamar do semivariograma, maior a continuidade do fenômeno, menor a variância da estimativa, ou maior a confiabilidade que se pode ter na estimativa.

A figura 2 demonstra que as propriedades do NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico possuem relações em sua distribuição espacial, concordando com a análise de correlação (Tabela 2).

Figura 2 - Mapas da distribuição espacial da densidade do solo (DS), porosidade total (PT), macroporosidade e microporosidade em um NEOSSOLO REGOLITICO Eutrófico, sob diferentes fitofisionomias.



Verificou-se em relação à vegetação nativa, reduções nos valores da DS com a inserção dos povoamentos de Eucalipto e Pinus, assim como o incremento da PT e da MACRO e da MICRO, este processo pode estar atrelado ao aporte de matéria orgânica resultante da deposição e ciclagem da serapilheira (Figura 2).

Este estudo abre novos caminhos para as pesquisas relacionadas à avaliação do impacto ambiental causado por florestamentos, principalmente, em relação à variação espacial e temporal dos impactos dos florestamentos na estrutura do solo e as suas relações com a fertilidade do solo, física e química.

4 CONCLUSÕES

- As propriedades físicas do solo DS e MACRO ajustaram-se ao modelo Gaussiano, com GDE classificado como moderado. As propriedades PT e MICRO, também

apresentaram GDE moderado, com ajuste ao modelo esférico e exponencial, respectivamente.

- A densidade amostral foi de grande importância para a definição das variáveis com exatidão.

- A análise da distribuição espacial aliada à Krigagem possibilitou o mapeamento digital da variabilidade espacial da estrutura do solo, proporcionando melhor visualização do seu comportamento na área de estudo e do impacto ambiental causado pelos florestamentos na estrutura do solo.

- O impacto da inserção dos povoamentos de Eucalipto e Pinus foi positivo em relação ao campo nativo, elevando a qualidade da estrutura do solo.

REFERÊNCIAS

ABREU, L. S. **Propriedades hídricas e mecânicas afetadas por sistemas de manejo e variabilidade espacial de um Argissolo**. 2000. 66f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria, 2000.

ARAÚJO, E. L.; CASTRO, C. C.; ALBUQUERQUE, U. P. Dynamics of Brazilian Caatinga – A review concerning the plants, environment and people. **Functional Ecology and Communities**, v. 1, n. 1, p. 15-28, 2007.

BERNARDINO, F. S.; GARCIA, R. Sistemas Silvopastoris. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n.60, p.77-87, 2009.

CAMBARDELLA, C. A.; MOORMAN, T. B.; NOVAK, J. M.; et al. Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 58:1501-1511, 1994.

CAPECHE, C. L. et al. **Parâmetros técnicos relacionados ao manejo e conservação do solo, água e vegetação: perguntas e respostas**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 16 p. (Embrapa Solos. **Comunicado técnico**, 28), 2004.

CARDOSO, R. S. B.; PIRES, L. V. **Algumas considerações sobre a monocultura do eucalipto e suas implicações**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa. [S.l.: s.n.], 2008.

CAMARGO, O. A.; ALLEONI, L. R. F. **Compactação do solo e o desenvolvimento das plantas**. São Paulo: Divisão de biblioteca e documentação - ESALQ/USP, 1997. 132 p.

CORÁ, J. E.; BERALDO, J. M. G. Variabilidade espacial de atributos do solo antes e após calagem e fosfatagem em doses variadas na cultura de cana-de-açúcar. **Engenharia Agrícola**, v.26, p.374-387, 2006.

DONAGEMA, G. K.; CAMPOS, D. V. B. de; CALDERANO, S. B.; et al. **Manual de métodos de análise de solos**. 2.ed. rev. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 230p. (Embrapa Solos. Documentos, 132), 2011.

DEXTER, A. R. Soil physical quality. Part I. Theory, effects of soil texture, density, and organic matter, and effects on root growth. **Geoderma**, v.120, p.201-214, 2004a.

EWEL, J. J. Litter fall and leaf decomposition in a tropical forest succession in eastern Guatemala. **Journal of Ecology** 64:293-308, 1976.

HILLEL, D. **Solo e água: fenômenos e princípios físicos**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1970. 231p.

ISAACS, E. H.; SRIVASTAVA, R. M. **An introduction to applied geostatistics**. New York: Oxford University, 1989. 561 p.

IBGE. **Mapa de Biomas do Brasil, primeira aproximação**. Rio de Janeiro: IBGE, 2004.
_____. **Mapas temáticos do Projeto RADAMBRASIL do Rio Grande do Sul na escala 1:250.000**. IBGE/SAA - RS, Florianópolis. 2003 CD - ROM.

KAGEYAMA, Y. P.; GANDARA, B. F. **Resultado do programa de restauração com espécies arbóreas no convênio ESALQ/USP e CESP**. In: GALVÃO, APM. PORFÍRIO-DA-SILVA v. (eds.) Restauração florestal fundamentos e estudos de caso. Colombo, Embrapa Florestas. P. 59-86, 2003.

KIEHL, E. J. **Manual de edafologia**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1979. 262 p.

LEITE, P. F. Contribuição ao conhecimento fitoecológico do sul do Brasil. **Cienc. Ambient.** 24(1):51-73, 2002.

LIMA, S. S. et al. Teores de nutrientes da serapilheira e do solo sob sistema agroflorestal em área de transição no norte do Piauí. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.2, n.2, p.1034-1037, 2007.

LAL, R., HALL, G. F., MILLER, P. 1989. Soil degradation: I. Basic processes. **Land Degradation & Rehabilitation**, 1:51-69, 1989.

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 42p, 1961.

PAZ, A.; TABOADA, M. T. & GOMEZ, M. J. Spatial variability in topsoil micronutrient contents in a one-hectare cropland plot. **Comm. Soil Sci. Plant Anal**, 3:479-503, 1996.

REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. **Propriedades físicas do solo**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2006. 18p

SALVIANO, A. A. C.; VIEIRA, S. R. & SPAROVEK, G. Variabilidade espacial de atributos de solo e de *Crotalaria juncea* L. em área severamente erodida. **R. Bras. Ci. Solo**, 22:115-122, 1998.

SILVA, A. P.; LIBARDI, P. L. & CAMARGO, O. A. Influência da compactação nas propriedades físicas de dois latossolos. **R. Bras. Ci. Solo**, 10:91-95, 1986.

SOUZA, Z. M. & ALVES, M. C. Propriedades químicas de um Latossolo Vermelho distrófico de Cerrado sob diferentes usos e manejos. **Rev. Bras. Ci. Solo**, v.27, n.1, p.133-139, 2003.

_____; SILVA, M. L. S.; GUIMARÃES, G. L. et al. Variabilidade espacial de atributos físicos em um Latossolo Vermelho Distrófico sob semeadura direta em Selvíria, MS. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, n.3, p.699-707, 2001.

SOARES, J. C. W. et al. Soil-landscape relationship and its temporal variation in a forestry experimental station. **Ciência Florestal** (UFSM. Impresso), v. 25, p. 477-489, 2015.

STRECK, E. V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R. S. D. et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, Emater/RS, 2008. 222p.

UN. **We the Peoples - The Role of the United Nations in the 21st Century.** New York: United Nations, 2000.

VIANA, M. B. **O Eucalipto e os efeitos ambientais do seu plantio em escala.** Brasília: Câmara dos deputados. 2004. 29 p.

VIEIRA, S. R. **Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo:** Tópicos em ciência do solo. Viçosa - MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. p.1-54.

_____; LOMBARDI NETO, F. **Variabilidade espacial do potencial de erosão das chuvas do Estado de São Paulo.** Bragantia, Campinas, v. 54, n. 2, p. 405-412, 1995.

WARRICK, A. W. & NIELSEN, D. R. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: HILLEL, D. (ed). **Applications of soil physics.** New York, Academic Press, 1980.

DESEMPENHO DE UM VANT DE BAIXO CUSTO NO MONITORAMENTO AGRÍCOLA DA CULTURA DE CRAMBE NA REGIÃO OESTE DO PARANÁ

*Performace of the UAV a low cost in the monitoring agricola crambe
culture in the region of Paraná west*

**Henrique dos Santos Felipetto¹, Erivelto Mercante ², Octavio Henrique Viana³,
Douglas Kusminski⁴.**

¹Professor Assistente A na Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Via do
Conhecimento km 1, CEP: 85503-390, Pato Branco – PR, Brasil, felipetto@utfpr.edu.br;

²Professor Adjunto D da Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE, Rua
Universitária, 2069, CEP: 85819-110, Cascavel – PR, Brasil, erivelto.mercante@unioeste.br;

³ Professor Assistente A no Instituto Federal de Santa Catarina, Rua das Rosas s/n, CEP:
88965-000, Santa Rosa do Sul – SC, Brasil, octavio.viana@santarosa.ifsc.edu.br;

⁴Acadêmico do Curso de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual do Oeste do Paraná -
UNIOESTE, Rua Universitária, 2069, CEP: 85819-110, Cascavel – PR, Brasil,
douglas.mcs@hotmail.com;

RESUMO

O objetivo do presente artigo é analisar o desempenho de um VANT de baixo custo na detecção remota de aspectos visuais da cultura do crambe. Área experimental está localizada na Fazenda Escola do Campus da Faculdade Assis Gurgacz no município de Cascavel-PR, as imagens utilizadas neste experimento foram obtidas por meio de um sensor (câmera fotográfica) da fabricante Canon modelo S110 de 12 megapixel, atuando na região do visível do espectro Eletromagnético (EEM). O sensor foi acoplado a um VANT de plataforma da fabricante Skywalker modelo X7 feito de isopor rígido com 1900 mm de envergadura, juntamente com esta plataforma foi utilizada uma placa controladora APM - *ArdupilotMega* da fabricante 3DR modelo 2.6, bem como, sistema de telemetria e de GPS da mesma fabricante. Através das imagens obtidas pelo sensor passivo RGB a bordo do VANT foi possível determinar com grande precisão posicional falhas no plantio bem como sobreposição, solo exposto, rastro marcador do trator, sinais de erosão, drenagem e plantas invasoras.

Palavras-chave: VANT. Crambe. Sensoriamento Remoto.

ABSTRACT

The objective of the present article is to analyse the performance of a UAV of low cost in the remote detection of visual aspects of the culture of the crambe. Experimental area is located in the Farm School of the Campus of the Faculty Assis Gurgacz in the local authority of Cascavel-PR, the images used in this experiment were obtained through a sensor (photographic camera) of the manufacturer model Canon S110 of 12 megapixel, acting in the region of the visible one of the Eletromagnetic Specter (ES). The sensor was coupled to a VANT of platform of the manufacture model Skywalker X7 made from rigid polystyrene with 1900 mm of wingspan, to get herwith this platform APM was used a plate control- *Ardupilot Mega* of the manufacturer 3DR model 2.6, as well as, system of telemetry and of GPS of the same manufacturer. Through the images obtained by the passive sensor RGB to side of the UAV it was possible to determine with gre at precision position faults in the planting as well as superposition, expose dground, trace mark eroft the tractor, signs of erosion, drain ageandin vading plants.

Keywords: UAV. Crambe. Remote sensing.

1 INTRODUÇÃO

O uso do sensoriamento remoto possui uma série de limitações no contexto da Agricultura de Precisão - AP, pois é necessário uma alta resolução espacial e em alguns casos temporal para se fazer o acompanhamento de uma cultura. Sendo assim, vem se destacando nos últimos anos o emprego de veículos aéreos não tripulados (VANTs).

VANT, ou como é chamado popularmente “drone”, nada mais é do que uma aeronave projetada para operar sem piloto a bordo e que não seja utilizada para fins meramente recreativos. Nessa definição, incluem-se todos os aviões, helicópteros e dirigíveis controláveis nos três eixos, excluindo-se, portanto, os balões tradicionais e os aeromodelos (ANAC, 2012).

Quando acoplados a uma câmera fotográfica, os VANTs são capazes de executar mapeamentos aerofotogramétricos de alta resolução, apresentando-se assim como uma importante opção na agricultura de precisão. Para Jorge et al. (2014), a sua aplicação na área agrícola e em missões de reconhecimento vem sendo favorecida e facilitada pelo atual estágio de desenvolvimento tecnológico, principalmente pela redução do custo, do tamanho dos equipamentos e pela necessidade de otimização da produção.

Para CANTIAGO et al (2015), o uso de VANTs é frequentemente pesquisado no âmbito da AP para estudar fenômenos em uma cultura agrícola, como por exemplo para determinar área de manejo de uma cultura nova, como é o caso do crambe.

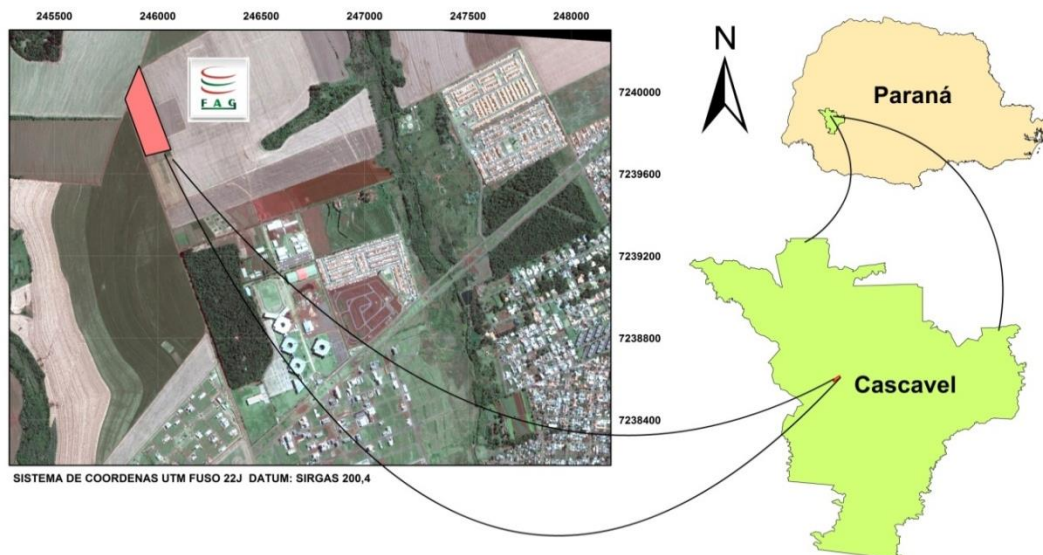
O crambe é uma cultura de inverno, que segundo COLODETTI, et al. (2012), é uma oleaginosa originária do mediterrâneo, que vem se adaptando ao clima brasileiro. Atualmente é mais utilizada em rotação de cultura no inverno, mas, também é utilizada para a extração de óleo na produção de biodiesel, sendo esse último, tema de diversas pesquisas na região oeste do estado do Paraná.

O objetivo principal da presente pesquisa é analisar o desempenho de um VANT de baixo custo na detecção remota de aspectos visuais da cultura de crambe.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo escolhida para a realização do experimento está situada na Fazenda Escola do Campus da Faculdade Assis Gurgacz Figura 01, coordenadas UTM 246775.22 m E e 7239522.67 m S fuso 22J, Município de Cascavel/PR, com aproximadamente 4 hectares, onde foi cultivada a planta oleaginosa Crambe (*abysynica Hochst*).

Figura 1 - Localização da área de estudo.



Fonte: Autor, 2016.

O VANT utilizado foi montado e adaptado para realizar voos para as condições climáticas da região Oeste do Paraná. Utilizou-se uma plataforma da fabricante Skywalker modelo X7 Figura 2, feita em isopor rígido, com 1900 mm de envergadura e suporta em seu compartimento interno até quatro kg. de peso. Juntamente com esta plataforma foi utilizada uma placa controladora APM – *ArduPilotMega* da fabricante 3DR modelo 2.6, bem como, sistema de telemetria e Sistema de GPS (*Global Positioning System*) da mesma fabricante. Esse sistema foi acoplado ao VANT para que o mesmo pudesse realizar voos autônomos. Para realizar o SR propriamente dito da área com a cultura do Crambe, fez-se necessário o uso de um sensor acoplado na fuselagem do VANT. Foi utilizado neste experimento um sensor (câmeras fotográficas) da fabricante Canon modelo S110 de 12 megapixel, atuando na região do visível (Azul - B, Verde - G e Vermelho- R) do Espectro Eletromagnético (EEM).

Figura 2 - VANT de baixo custo.

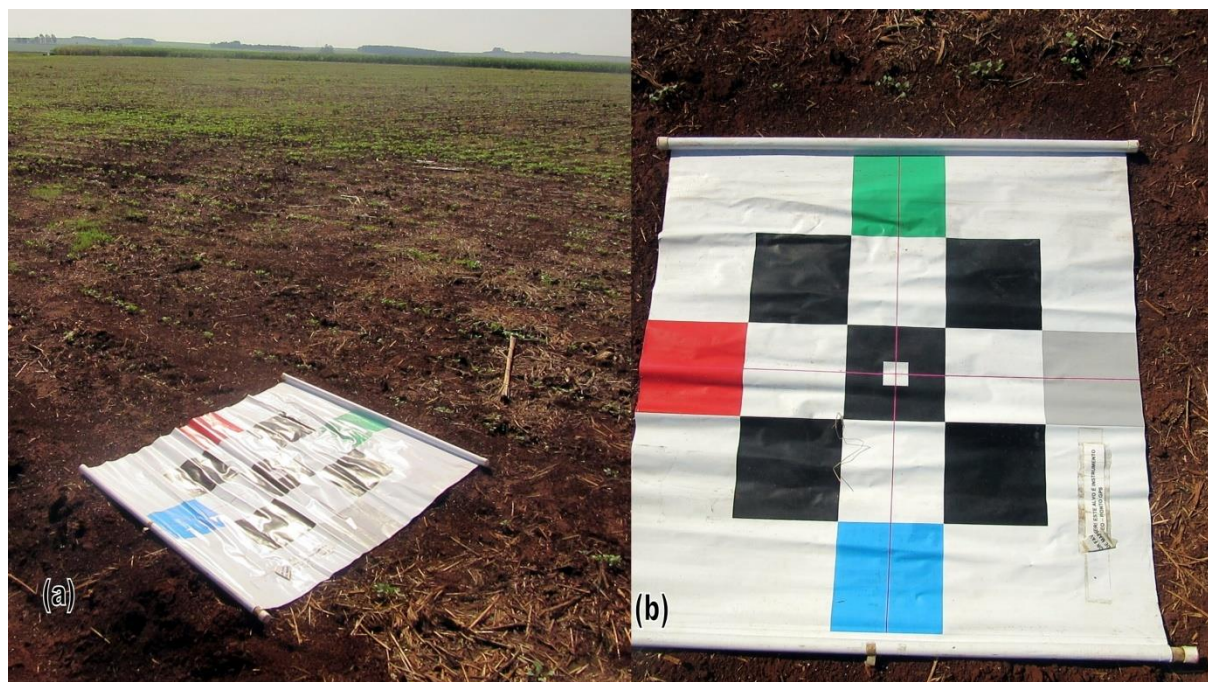


Fonte: Autor, 2015.

Para realizar o apoio geodésico (pontos de controle), uma equipe de campo munida de um receptor GPS de precisão relativa (L1) visitou a área, a fim de se determinar as coordenadas dos pontos para os procedimentos de orientação das fotografias. Para auxiliar na identificação dos pontos nas fotografias, foram utilizados “alvos” em material adequado, espalhados na área de estudo conforme figura 3. As coordenadas UTM dos 5 pontos de controle foram referenciadas ao datum SIRGAS 2000,4, todas pertencentes ao fuso 22, zona J.

Conforme figura 4, os parâmetros do plano de voo utilizado nas missões de monitoramento da cultura de crambe foram dados pelo software após serem informados a altitude de voo, o polígono da área a ser voada e o sensor a bordo (câmera). A partir dessas informações, o programa calculou a rota mais adequada, a área (Área: 48.277,00 m²), a distância entre a tomada de cada fotografia (*Distance*: 2,32 km), a distância entre as fotos da missão (*Distance Dettween Images*: 18 m), resolução espacial (*Graun Resolution*: 2,92 cm), número de fotografias por missão (*Pictures*: 126), número de vértices distância percorrida (*No of Srips*: 6), tamanho das fotografias (*Fotoprint*: 116,9 x 87,7 m), distância entre as linhas de vôo (*Dist. Bettween Lines*: 23,8 m), tempo de vôo (*Flight Time*: 9:40 minutes), tempo entre uma fotografia e outra ou taxa do obturador da câmera (*Photo Every*: 3,51 segundos) e o diâmetro do giro nas manobras (*Turn Dia*: 7m).

Figura 3 - Pontos de controle e alvo de apoio terrestre na área e alvos utilizados.



Fonte: Autor (2015).

Figura 4 - Plano de voo.



Fonte: Adaptado de Mission Planner (2015).

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A figura 5 apresenta os aspectos visuais que foram possíveis de se identificar nas imagens geradas pelo sensor passivo RGB a bordo do VANT. Com essas imagens, podemos determinar com grande precisão posicional falhas no plantio bem como sobreposição de plantio, pois desde a emergência da planta é possível fazer a

identificação destes aspectos, que podem ter ocorrido devido a problemas técnicos na semeadora.

Outro fator bem visível nas imagens foi uma área onde não foi realizado plantio devido ao fato de o solo não oferecer condições para fazer a semeadura em função da umidade existente no local, identificado nas imagens como área de solo exposto.

Regiões que sofrem grande compactação por parte do uso de maquinário agrícola também foram identificadas nas imagens, pois são nítidas as linhas realizadas pelo trator. A identificação desse atributo pode trazer ao produtor diversas inferências relativas ao talhão, como, por exemplo, a área de compactação da lavoura, a retidão da linha do trator, a eficiência de manobras durante processos de pulverização etc.

No âmbito da drenagem do local, as imagens fornecem informações particulares que dão uma ideia mais ampla de toda a microbacia hidrográfica onde o talhão está localizado. A identificação de locais onde está acontecendo erosão e consequentemente perda de produtividade é um parâmetro fácil de determinar nas imagens como pode ser observado na figura 5.

No quesito manejo localizado de plantas invasoras, o sensor RGB apresentou-se como uma ferramenta excelente, uma vez que é possível delimitar as áreas de maneira visual ou automatizada com auxílio de um software SIG, sendo as imagens uma ferramenta que pode auxiliar significativamente na aplicação localizada de herbicidas.

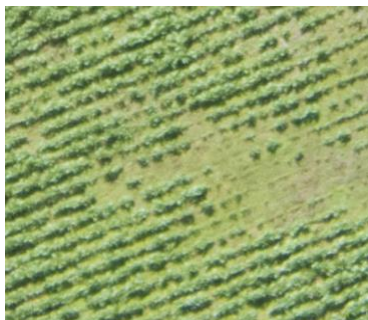
Ainda é possível determinar atributos relacionados à topografia do local, como declividade, área e perímetro da gleba, sendo possível por meio de técnicas de processamento gerar um levantamento planialtimétrico do local. Por não se tratar de um objetivo da pesquisa, não se realizou um estudo aprofundado nesse tema.

Figura 5 - Imagens do sensor RGB e atributos visuais

Imagem	Atributo
	- Falha no plantio
	- Solo Exposto
	- Rastro Marcador do Trator



- Erosão
- Drenagem



- Plantas Invasoras

Fonte: Autor, (2015).

4 CONCLUSÕES

Os usos de sensores remotos acoplados a um VANT de baixo custo apresentaram-se com desempenho aceitável para determinação de aspectos visuais de um talhão de crame. Esta tecnologia pode ser uma excelente ferramenta de apoio a tomada de decisão no âmbito da Agricultura de Precisão, entretanto ainda sugere-se estudos mais aprofundados em outras culturas anuais, e ainda, experimentos com sensores multi-espectrais.

5 AGRADECIMENTOS

A CAPES (Comissão de Aperfeiçoamento de Pessoal do Nível Superior) pela concessão de bolsa de pesquisa ao primeiro autor. Ao PGAGRI – Programa de Pós Graduação em Engenharia Agrícola da UNIOESTE, e por fim a Fundação Assis Gurgacz pela parceria e disponibilidade da área de estudo.

REFERÊNCIAS

ANAC - Agencia Nacional de Aviação Civil. **Emissão de Certificado de Autorização de Voo Experimental para Veículos Aéreos Não Tripulados**. Instrução Suplementar – IS nº 21-022 Revisão A. 2012.

JORGE, L. A. de C. INAMASU, R. Y. in: BERNARDI, A. C. DE C; NAIME, J. DE M; RESENDE, A. V. de; BASSOI, L. H.; INAMASU, R. Y. (Ed.). **Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar**. Brasília, DF: Embrapa, 2014. P 109-134.

CANDIAGO, S.; REMONDINO, F.; DE GIGLIO, M.; DUBBINI, M.; GATTELLI, M. **Evaluating Multispectral Images and Vegetation Indices for Precision Farming Applications from UAV Images**. Remote Sensing. 2015, 7, 4026-4047.

COLODETTI, V.T.; MARTINS, D.L.; RODRIGUES, N.W.; BRINATE, B.V.S.; TOMAZ, A.M.
Crambe: aspecto gerais da produção agrícola. Enciclopédia biosfera, Centro Científico
Conhecer - Goiânia, v.8, N.14; p. 2012.

DELIMITAÇÃO AUTOMÁTICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO IBIRAPUITÃ EM ALEGRETE-RS

Henrique Ferreira da Costa¹, Isabela Mello²

¹ Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Av. Roraima nº 100097105-900, Santa Maria – RS, Brasil, henriquefdacosta@gmail.com

² Colégio Politécnico da UFSM, Universidade Federal de Santa Maria. Prédio 70, Av. Roraima nº 100097105-900, Santa Maria – RS, isaasmello@hotmail.com

RESUMO

A delimitação automática de bacias hidrográficas tem se tornado uma opção vantajosa para quem deseja ter uma relação custo benefício e tempo aprimoradas. Para fins de reconhecimento das áreas susceptíveis a inundações, o presente estudo foi realizado no município de Alegrete – RS, o qual é drenado pelo rio Ibirapuitã. Foi feita a delimitação automática utilizando dados do projeto *Shuttle Radar Topographic Mission* (SRTM) integrados e processados na Biblioteca SAGA em um Sistema de Informações Geográficas (SIG). Os resultados mostraram-se satisfatórios e vantajosos para tal metodologia, o traçado automático das bacias permite otimizar o tempo do pesquisador e assemelhasse ao traçado feito através de cartas topográficas.

Palavras-chave: Delimitação Automática. Bacias Hidrográficas. Sistema de Informações Geográficas.

ABSTRACT

Automatic delineation of watersheds has become an advantageous option for those who want a improved relationship of time and cost benefit. For recognition of areas susceptible to flooding this study was conducted in Alegrete, which is drained by the river Ibirapuitã. Automatic delineation was made using data from the project *Shuttle Radar Topographic Mission* (SRTM), which were integrated and processed in SAGA Library on a Geographic Information System (GIS). The results were satisfactory and beneficial to such methodology. The automatic layout of the hydrographic basins allows optimizing the researcher's time and resembles the layout made using topographic maps.

Keywords: Automatic Delineation. Watershed. Geographic Information System.

1 INTRODUÇÃO

Segundo Chow et al. (1998), a bacia hidrográfica é uma área definida topograficamente, drenada por um curso de água ou um sistema conectado de cursos de água, dispondo de uma simples saída para que toda vazão efluente seja descarregada.

A bacia hidrográfica é necessariamente contornada por um divisor, assim designado por ser a linha de separação que divide as precipitações que caem em bacias vizinhas e que encaminha o escoamento superficial resultante para um outro sistema fluvial. São três os divisores de uma bacia: geológico, freático e topográfico.

A expressão bacia hidrográfica é usada para denotar a área de captação natural da água de precipitação que faz convergir os escoamentos para um único ponto de saída, que é chamado de exutório.

No Brasil, a Lei Federal no 9.433/97 estabelece a bacia hidrográfica como unidade territorial para aplicação da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH). Assim, o traçado de bacias hidrográficas de modo automatizado e padronizado é fundamental para a efetivação da PNRH, com o objetivo de minimizar possíveis conflitos de utilização dos recursos hídricos. O desenvolvimento e o aperfeiçoamento de técnicas de delimitação automática de bacias hidrográficas têm sido objeto de estudo em várias partes do mundo. Tais técnicas são implementadas em ambientes de Sistemas de Informações Geográficas (SIG).

Na prática, delimita-se a bacia a partir de curvas de nível, tomando pontos de cotas mais elevadas para comporem a linha de divisão topográfica, devido à dificuldade de se efetivar o traçado limitante com base nas formações rochosas e no nível freático. A área deve ser definida em relação a um dado ponto ao longo do canal, ou à própria saída ou confluência da bacia.

No processo de delimitação automática de bacias hidrográficas em SIGs, são utilizadas informações de relevo, que podem ser representadas por uma estrutura numérica de dados, correspondente à distribuição espacial da altitude e da superfície do terreno, denominada Modelo Numérico de Terreno (MNT). O MNT pode ser obtido por meio da interpolação de curvas de nível extraídas de uma carta topográfica ou através de imagens de sensores remotos.

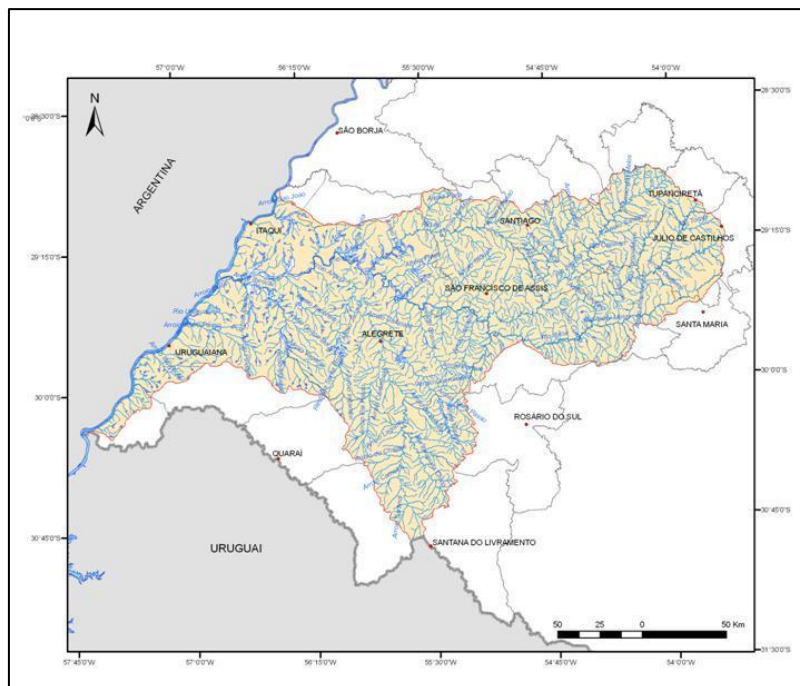
2METODOLOGIA

2.1 ÁREA DE ESTUDO

O estado do Rio Grande do Sul tem três regiões hidrográficas, estas são: Região Hidrográfica do Guaíba, do Litoral e do Uruguai. Dentro da Região Hidrográfica do Uruguai está a bacia do Rio Ibicuí, a qual o rio Ibirapuitã está inserido.

A Bacia Hidrográfica do Ibicuí localiza-se a oeste do Estado do Rio Grande do Sul, entre as coordenadas geográficas 28°53' a 30°51' de latitude Sul e 53°39' a 57°36' de longitude Oeste. Possui área de 35.495,38 km² e população estimada em 394.030 habitantes, abrangendo municípios como Alegrete, Júlio de Castilhos, Santana do Livramento, São Pedro do Sul e Uruguai. Os principais corpos de água são os rios Ibicuí, Itu, Ibirapuitã, Jaguari e um trecho do Rio Uruguai. Dentro do território brasileiro, o principal afluente do rio Uruguai é o Ibicuí. Sua formação dá-se na junção do Ibicuí-Mirim com o rio Santa Maria e a desembocadura é no Rio Uruguai. O principal uso da água nesta bacia se destina a irrigação. Este uso pode ocasionar insuficiência hídrica nos meses de verão, principalmente devido à irrigação do arroz.

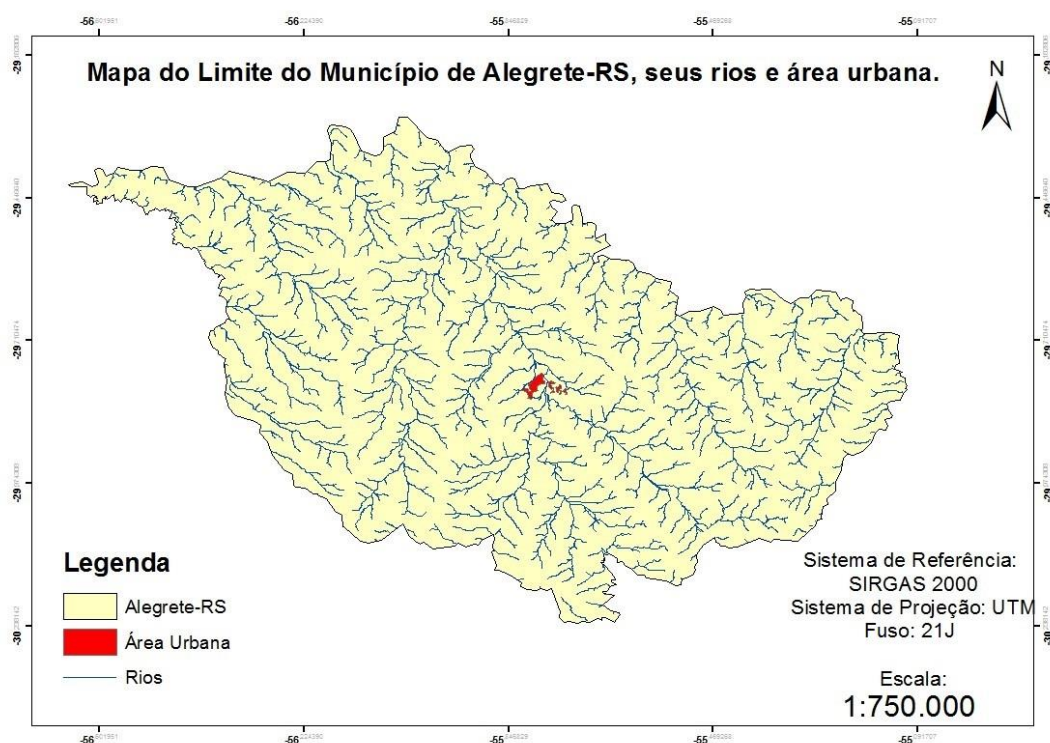
Figura 1 - Mapa da região hidrográfica do Ibicuí.



Fonte: SEMA RS. (08/09/2010)

Alegrete é um município do Estado do Rio Grande do Sul localizado na Fronteira Oeste com cerca de 74.984 habitantes e 24.169 domicílios particulares permanentes, ocupando uma área de 7.803,97 km² (IBGE, 2009). Possui um rio principal que corta a cidade, o Ibirapuitã, um rio secundário, denominado Caverá, e dois arroios: Regalado e Jararaca. Com aproximadamente 250 km de extensão, 180 km do rio Ibirapuitã localiza-se no município de Alegrete. Nasce no oeste de Livramento, na coxilha de Haedo. Sua direção é sul-norte, em Alegrete forma um grande arco, envolvendo a cidade pelo lado oeste. Para navegabilidade requer medidas de limpeza e regularização. Em época de cheias inunda grandes áreas. Este Rio divide o município em duas partes do ponto de vista econômico. À margem direita do rio, estende-se as terras mais próprias para agricultura e à esquerda terras melhores para a pecuária. Deságua no rio Ibicuí (COMITE IBICUÍ, 2010).

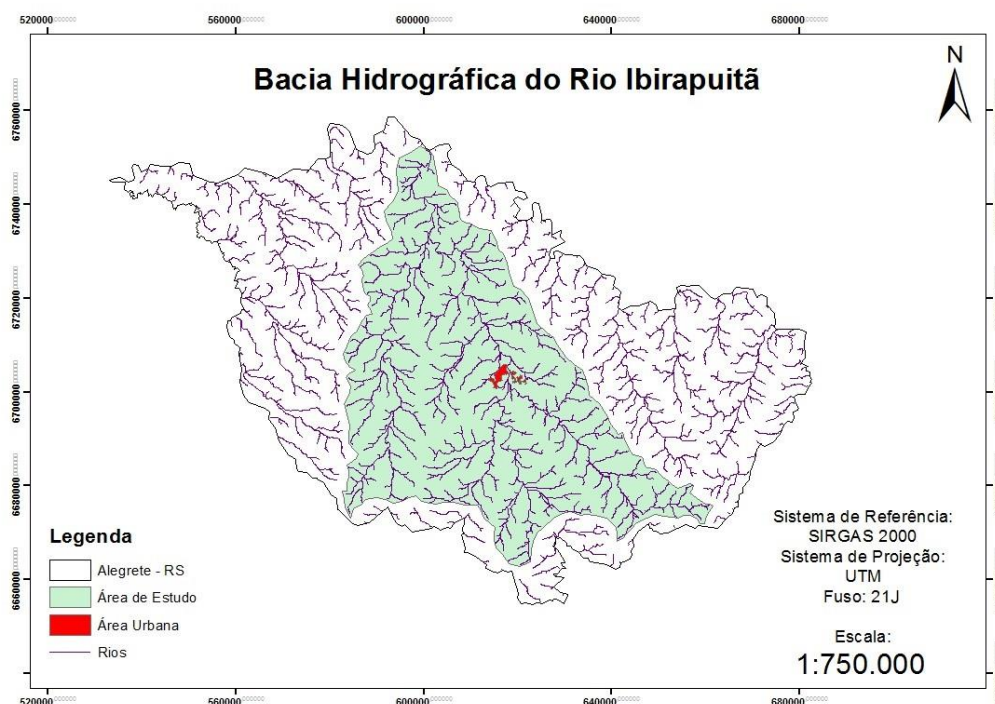
Figura 2 – Mapa do limite do município de Alegrete com seus rios e área urbana.



Fonte: elaborado pelos autores, 2016.

Na Figura 3, foi feito o recorte da bacia em estudo, dentro do município de Alegrete.

Figura 3 – Bacia Hidrográfica do Rio Ibirapuitã.



Fonte: elaborado pelos autores, 2016.

Os dados do trabalho foram adquiridos na internet (Tabela 1). A maioria se encontrava no elipsoide de referência WGS 84.

Após a obtenção, tanto os dados vetoriais como matriciais foram reprojetados para o Sistema de Coordenadas Geográficas SIRGAS 2000 – UTM.

Tabela 1 – Fonte dos dados.

Dados Vetoriais	<ul style="list-style-type: none"> Endereço eletrônico do GIS - FEPAM. Laboratório de Ecologia da UFRGS.
Dados Raster – Imagens SRTM.	<ul style="list-style-type: none"> Brasil em relevo, EMBRAPA. (90 metros) Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil – Topodata/INPE. (30 metros)
Biblioteca SAGA	Através do software QGis, habilitando a janela de configurações Sextante.

Para a preparação do MNT da bacia hidrográfica do Ibicuí foi utilizado às informações do Laboratório de Ecologia da UFRGS, para a delimitação da área para obtenção dos dados SRTM. A partir das informações de relevo foi gerado um “mosaico” da região. Por meio das ferramentas “buffer” e “extrair” pode-se então ter a informação do relevo do município de Alegrete de forma isolada.

O processo de delimitação automática foi desenvolvido no SIG Quantum GIS 2.14.2, juntamente com a extensão da biblioteca SAGA e seus algoritmos “Terrain Analysis Hidrology” (análise da hidrologia), “Fill Sinks” (preenchimento das depressões do MDE) e “Channel network and drainage basins” (rede de canais e drenagem).

2.2 PROCEDIMENTOS COM O SAGA

Após a preparação do MNT da área em estudo pode-se trabalhar com a biblioteca SAGA.

A biblioteca, faz parte da extensão sextante para o software QGis. O módulo ou extensão sextante é um conjunto de algoritmos que fornecem ferramentas para análise espacial e tratamento da informação geográfica mais eficaz.

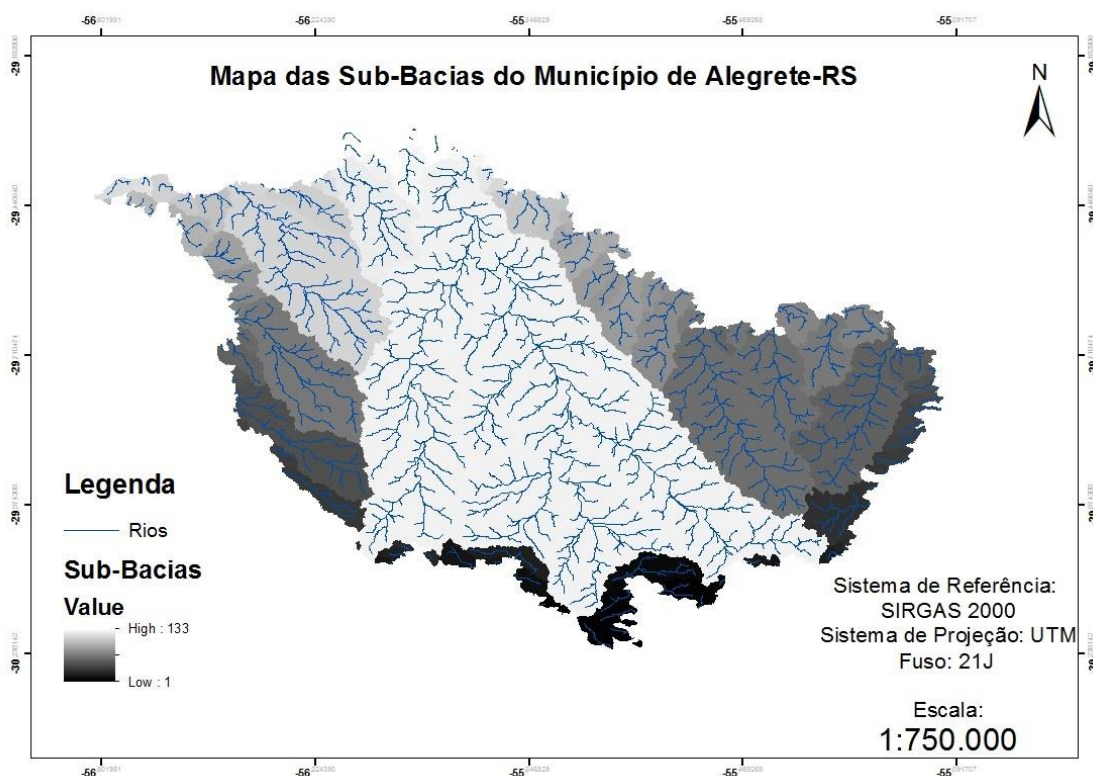
No Quantum GIS ele pode ser habilitado na barra lateral, na caixa de ferramentas. O primeiro passo foi utilizar o algoritmo “Fill Sinks”, para preencher as depressões do Modelo Numérico do Terreno, entra-se com o arquivo do MNT gerado através da imagem SRTM e define-se um “Minimun Slope”, ou seja, a inclinação mínima para o preenchimento, que foi o fator um. Obtém-se assim, o “Filled” *DEM*, um MNT com as depressões preenchidas.

Concluído o “Filled” *DEM*, executou-se o “Channel network and drainage basins”, que irá derivar nos canais da bacia, ou seja, os rios que formam essa bacia hidrográfica.

Atribui-se um valor para o campo “Thereshold”, que será o limiar ou limite mínimo e máximo do tamanho da bacia. O “Thereshold” fator 5 vai definir todas as bacias que estão no limite, já o “Thereshold” fator 1 vai definir a bacia de maior área.

O limiar utilizado para a definição das bacias foi o “Thereshold” fator 5 resultando em aproximadamente 28 Sub bacias dentro do município de Alegrete-RS (Figura 4).

Figura 4 – Mapa das sub-bacias do município de Alegrete – RS.



Fonte: elaborado pelos autores, 2016.

3 RESULTADOS

Após ser feito o corte da área de estudo no QGis, pode-se, através da calculadora de campo, calcular a área da bacia, o perímetro e o coeficiente de compacidade, ou seja, a forma da bacia.

A área da bacia foi calculada através da expressão: $\$area$ da calculadora de campo e dividida por 1.000.000 para ser expressa em km², a área é igual a 31,8 km².

O perímetro foi calculado através da expressão: $\$Perimeter$ da calculadora de campo, e dividido por 100 para ser expresso em km, o perímetro é igual a 31,2 km.

A forma da bacia depende da estrutura geológica do terreno, e é calculada através do Coeficiente de Compacidade (Kc); é um número adimensional que sempre assume

valores iguais ou superiores a 1, variando com a forma da bacia, independentemente do seu tamanho. Quanto mais irregular for a bacia hidrográfica, maior será o coeficiente de compacidade. O Coeficiente de Compacidade (K_c) é útil para dar uma ideia sobre a susceptibilidade da bacia à ocorrência de enchentes, sendo que uma bacia será mais susceptível à ocorrência de enchentes ou inundações quando seu K_c for mais próximo da unidade. Acima de 1,3 diz-se que a bacia é pouco propensa ou não é propensa a enchentes ou inundações.

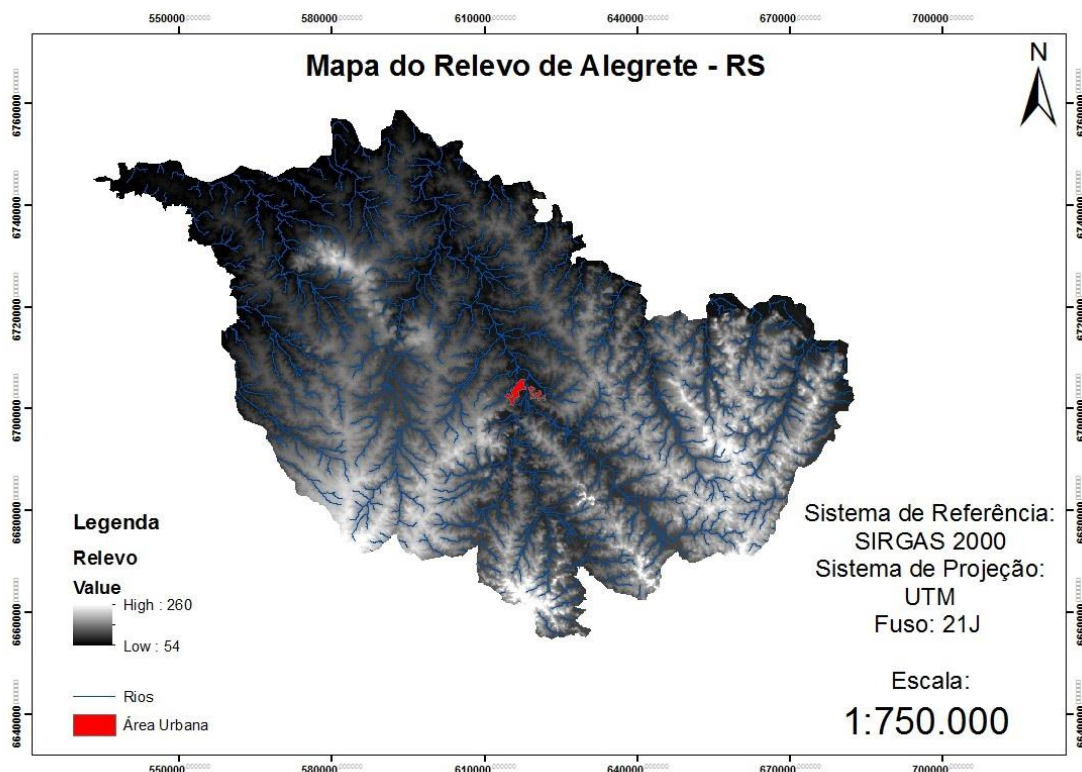
$$K_c = \frac{0,28 * p}{\sqrt{A}}$$

Onde,

• $0,28 = \frac{\sqrt{\pi}}{2\pi}$ • p = perímetro e A = área.

O K_c é sempre um valor > 1 (se fosse 1 a bacia seria um círculo perfeito). Quanto menor o K_c (mais próximo da unidade), mais circular é a bacia, menor o T_c e maior a tendência de haver picos de enchente. A bacia em estudo tem $K_c = 1,59$ então a bacia é pouco propensa a inundações. Através do mapa do relevo do município, foi possível conhecer as áreas susceptíveis a inundações (Figura 5), estas se caracterizam por seu relevo “mais baixo”, ou seja, áreas mais escuras do mapa.

Figura 5 – Mapa do relevo do município de Alegrete – RS.



Fonte: elaborado pelos autores, 2016.

4 CONCLUSÃO

A metodologia aplicada no estudo mostrou-se satisfatória, adequada e de fácil utilização, podendo ser empregada a estudos em localidades maiores.

A delimitação automática de bacias, por meio do processamento de dados do SRTM em SIG, é vantajosa podendo auxiliar na gestão e gerenciamento dos recursos hídricos, a partir de dados do SRTM apresenta precisão compatível a das cartas topográficas, além de proporcionarem economia de tempo e de recursos para a realização dos estudos.

REFERÊNCIAS

BRASIL. **Código de Processo Civil de janeiro de 1997, Lei de Águas**. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br>> Acesso em: 15 de Jun. de 2016.

CÂMARA, G; DAVIS, C; MONTEIRO, A. M. V. **Introdução à Ciência da Geoinformação**. São José dos Campos: INPE. 2011.

CHOW, V. T., MAIDMENTE, D. R., MAYS, L. W., 1988. **Applied Hydrology**. McGraw-Hill.

COMITÊ DE GERENCIAMENTO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO IBICUI – RS. <<http://www.comiteibicui.com.br/abaciadorioibicui.php>> Acesso em: 11 de Outubro de 2016.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Coordenação de Trabalho e Rendimento. *Brasil, grandes regiões e unidades da Federação*. IBGE, 2009.

MIRANDA, E. E. DE; (Coord.). **Brasil em Relevo**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 20 Jun. 2016.

VIEIRA, E. F. **Rio Grande do Sul: geografia física e vegetação**. Porto Alegre: Sagra, 1984. 304 p.

AMOSTRAGEM VIRTUAL DE PARCELAS PRODAN EM DADOS DE INVENTARIO FLORESTAL

Prodan plots virtual sampling in inventory forestry data

**Marcos Augusto Gomes dos Santos¹, Pâmela Aude Pithan¹, Enio Júnior Seidel²,
Elódio Sebem¹**

¹Colégio Politécnico da UFSM, Cidade Universitária, Camobi, 97105-900, Santa Maria – RS,
Brasil, (marcosgeoufsm@gmail.com; pamelapithann@gmail.com;
elodiosebem@politecnico.ufsm.br)

²Centro de Ciências Naturais e Exatas, UFSM, Cidade Universitária, Camobi, 97105-900, Santa
Maria – RS, Brasil, (enioseidel@gmail.com)

RESUMO

Os inventários florestais têm por objetivo conhecer as florestas para tomar decisões acerca do manejo florestal necessário à produção de produtos florestais e a conservação da natureza. Dentre os diversos métodos de inventário florestal as amostragens de área variável são uma alternativa aplicável a campo para o conhecimento destas áreas florestais. O objetivo deste trabalho é o desenvolvimento de uma metodologia geoespacial de geração de Parcelas Prodan e seleção das árvores a serem incluídas em num ambiente de SIG. Foram utilizados os dados da parcela 1537, do Inventário Florestal Contínuo do Rio Grande do Sul. Em um ambiente SIG foram espacializadas as árvores medidas e o centro das parcelas Prodan. Foram identificadas as 6 árvores que pertencem a cada parcela Prodan e gerado uma área de influência (*Buffer*) para demonstrar a eficácia do método. A metodologia permitiu a geração das parcelas Prodan e a identificação das árvores incluídas nas parcelas Prodan de forma eficaz é de fácil implementação no ambiente SIG.

Palavras-chave: Inventário Florestal. Unidade amostral. Prodan. Agricultura de Precisão. Floresta de Precisão.

ABSTRACT

Forest inventories are designed to meet the forests to make decisions about the necessary forest management to the production of forest products and nature conservation. Among the various methods of forest inventory the variable area samplings are an alternative in the field for the knowledge of these forest areas. The objective of this work is the development of a geospatial methodology generation Prodan plots and selection of trees to be included, in a GIS environment. We use the sample unit 1537 data the Continuous Forest Inventory of Rio Grande do Sul. In a GIS environment were spatialized trees and the center of Prodan plots. Six trees have been identified that belong to each plot and raised Prodan a catchment area (buffer) to demonstrate the effectiveness of the method. The methodology allowed the generation of Prodan plots and identification of trees included in Prodan installments effectively and is easy to implement in the GIS environment.

Keywords: Forest Inventory, Sampling Unit, Prodan, Precision Agriculture, Precision Forest.

1 INTRODUÇÃO

Em 1982 o Inventário Florestal do Rio Grande do Sul, executado pela Universidade Federal de Santa Maria, registrou, como área de floresta nativa, 5,91% da área do Rio Grande do Sul (SCHROEDER, 1991), o que corresponde a aproximadamente 16.670 km². A área coberta por florestas naturais no Estado do Rio Grande do Sul aumentou 196,62% nos últimos 18 anos, passando de dos 5,91% em 1982 para 17,53% (49.556,29 km²) em 2000. A área da floresta no ano 2000 era composta por 38.159,52 km² (13,5%)

de florestas nativas em estágios médio e avançado e 11.396,77 km² (4,03%) em estágios iniciais de sucessão (IFC, 2000).

O Sistema de Inventário Florestal Contínuo do Rio Grande do Sul (IFC2000) é um sistema computacional que alia o poder dos Sistemas Gerenciadores de Bancos de Dados Relacionais com interfaces gráficas para sua utilização em ambiente Windows e foi desenvolvido com o objetivo de disponibilizar uma base de dados relacional às informações coletadas a campo nas unidades amostrais de Inventário Florestal (SEBEM, 2000). De lá (ano 2000) para os dias atuais, o desenvolvimento tecnológico nas áreas de informática e geoprocessamento vêm permitindo mudanças expressivas na gestão da informação para a tomada de decisão no gerenciamento das atividades florestais. O instrumental tecnológico disponível vem estimulando o desenvolvimento do manejo florestal sítio específico também conhecido como silvicultura de precisão (MAEDA et al, 2014).

Braz et al. (2014), afirmam que existem técnicas para o manejo de precisão de florestas naturais, baseadas principalmente em Sistema de Informações Geográficas, que facilitam o planejamento de todas as etapas de exploração em campo.

Os Sistemas de Informações Geográficas têm inúmeras aplicações na Engenharia Florestal. Uma das razões para isso é que o SIG possibilita a realização de análises espaciais das informações contidas dentro deste sistema composto por um grande número de variáveis (SANQUETTA et al., 2009).

Segundo Moreno (2009), o SIG aplicado no processamento de dados para o inventário permite de uma forma eficaz o armazenamento, análise, e partilha de informação geográfica contribuindo expressivamente para a melhoria de cartografia. Em um SIG pode-se utilizar de ferramentas para aplicar vários métodos aplicáveis a inventário florestal.

Péllico Netto e Brena (1997), mencionam que o termo “Método de Amostragem” significa a abordagem da população referente a uma única unidade de amostra, ou seja, a parcela ou outro tipo de unidade amostral a ser empregada em inventário. Esta abordagem da amostragem pode ser considerada de duas diferentes formas básicas, ou seja, mediante a utilização de métodos que tenham parcelas de área fixa e métodos de área variável (SANQUETTA et al., 2014).

O método de Prodan (de área variável) fundamenta-se na inclusão de árvores na unidade amostral segundo a probabilidade proporcional à distância da árvore ao centro da unidade amostral (P) (SANQUETTA et al., 2014).

De acordo com Péllico Netto e Brena (1997), Prodan (estudioso alemão de biometria e amostragem para fins florestais) ao propor esse método tinha como meta a estimativa do volume da floresta. O método consiste em localizar pontos na floresta segundo um delineamento amostral qualquer. Em cada ponto se medem seis (6) árvores e assume-se que elas se encontrem numa parcela circular cujo raio é dado pela distância ponto-árvore da última árvore.

O objetivo deste trabalho é o desenvolvimento de uma metodologia geoespacial de geração de Parcelas Prodan e seleção das árvores a serem incluídas em num ambiente de SIG.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido em dados do Inventário Florestal Contínuo do Rio Grande do Sul, realizado em 2000 pela UFSM. A parcela 1537, objeto da aplicação do método de Prodan, se localiza na cidade de São Francisco de Paula pertencente a mesorregião nordeste Rio-Grandense e a microrregião de Vacaria, com localização geográfica 29°26'52"S e 50°35'02"W. A Figura 1 apresenta a localização do município de São Francisco de Paula no Estado do Rio Grande do Sul e a parcela 1537 que pertence a Floresta Nacional de São Francisco de Paula.

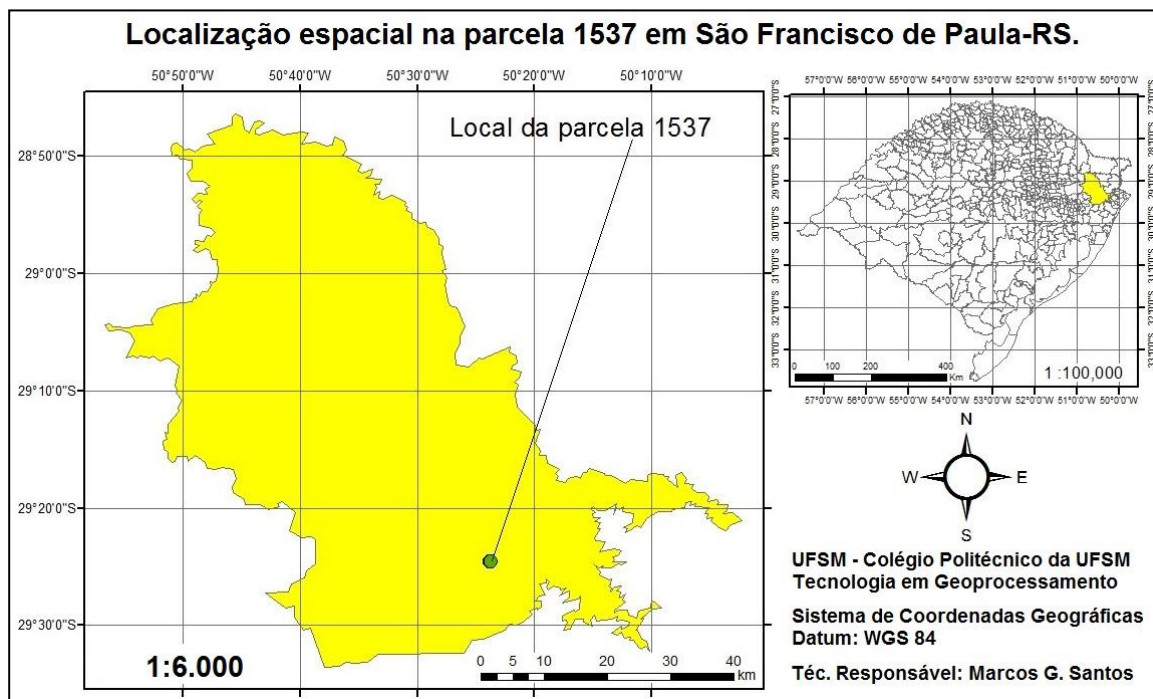
A parcela 1537 configura-se em um conglomerado com 100 subunidades de 100 m² (10m x 10m), com uma área total de 10.000 m². A figura 2 apresenta a posição geográfica das árvores medidas no ano de 2000 na parcela 1537.

A metodologia foi desenvolvida nos software Arcgis 10.3 e MS Excel 2016.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

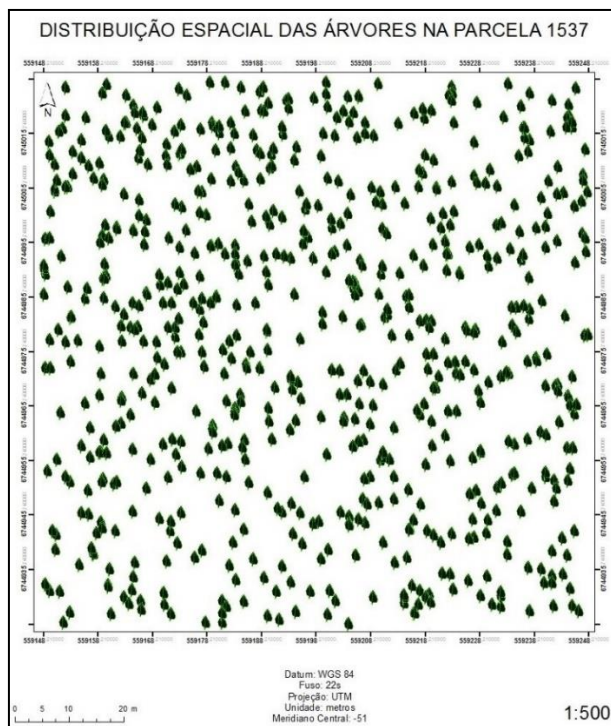
O banco de dados relacional do IFC2000 contém mais de 50.000 árvores medidas no Rio Grande do Sul quando da execução do Inventário Florestal pela UFSM e dele obtivemos a parcela selecionada para o trabalho. Foi utilizado o Software Excel para organizar os dados de tal forma que eles pudessem ser corretamente espacializados no ArcGIS 10.3 por meio da criação do “evento” *Display XY Data*.

Figura 13 - Localização da parcela 1537 no estado do Rio Grande do Sul



Fonte: Autores.

Figura 14 - Distribuição espacial das árvores medidas na parcela 1537.

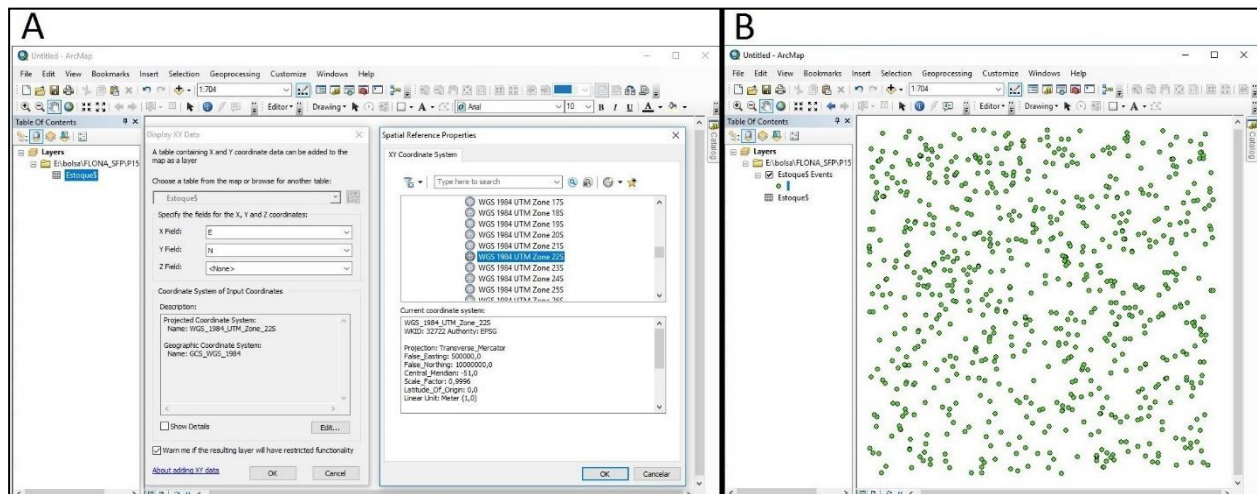


Fonte: Autores.

A Figura 3 (A) mostra a escolha das colunas onde estão as coordenadas na planilha do MS Excel (coordenadas inseridos nos campos *X Field* e *Y Field*), seguido da escolha do sistema de referência geodésico e o fuso UTM do local de estudo. Estas últimas informações são escolhidas no botão “Edit”, e neste caso escolheu-se o Datum WGS 84 - Fuso UTM 22S. Clicando-se no botão OK podemos visualizar a espacialização das árvores e seus atributos, como demonstra a Figura 3(B).

Para cada subunidade do conglomerado foi calculada a coordenada do seu centro que a partir desse momento serão os centros das subunidades Prodan do trabalho. No IFC2000 foi medida a campo a Coordenada Geográfica do centro da parcela para localizá-la geograficamente. Para facilitar os cálculos das coordenadas do centro de cada subunidade calculou-se a coordenada do canto inferior esquerdo do conglomerado, chamada aqui coordenada base. Com esta foi possível calcular as coordenadas do centro de cada subunidade do conglomerado que agora será utilizado como coordenada do centro da parcela de Prodan (Figura 4).

Figura 15 - Importação dos dados para o software Arcgis 10.3. A: Display XY Data; B: Resultado da espacialização.



Fonte: Autores.

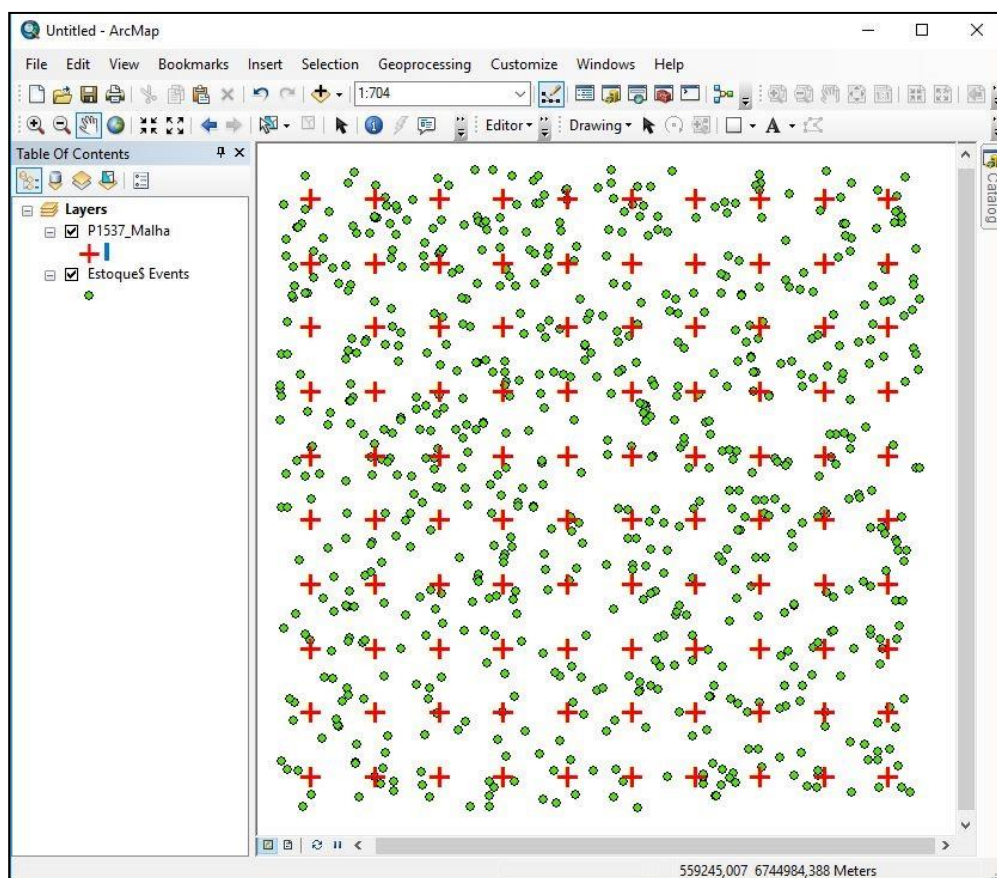
Figura 16 - Cálculo da malha de coordenadas dos pontos centrais das parcelas Prodan no software MS Excel 2016.

ARQUIVO PÁGINA INICIAL INSERIR LAYOUT DA PÁGINA FÓRMULAS DA					
C3					
	A	B	C	D	E
1	Codigo	E	N		Cordenada Base
2		11	559153,21	6744930,74	E 559148,21
3		12	559153,21	6744940,74	N 6744925,74
4		13	559153,21	6744950,74	
5		14	559153,21	6744960,74	
6		15	559153,21	6744970,74	
7		16	559153,21	6744980,74	
8		17	559153,21	6744990,74	
9		18	559153,21	6745000,74	
10		19	559153,21	6745010,74	
11		110	559153,21	6745020,74	
12		21	559163,21	6744930,74	

Fonte: Autores.

A metodologia de inserção das coordenadas dos pontos amostrais de Prodan no ambiente computacional SIG, foi a mesma utilizada para a inserção das árvores medidas na parcela e o resultado pode ser visualizado na Figura 5.

Figura 17 - Malha de coordenadas das parcelas Prodan no ambiente SIG.



Fonte: Autores.

A amostragem virtual de Prodan foi executada com a identificação das seis árvores mais próximas da coordenada central de cada ponto da malha, utilizando-se a ferramenta *Generate near table*. Esta ferramenta gera uma nova tabela em formato .dbf (dBase IV) com o número de árvores (neste caso 6 árvores) mais próximas de cada ponto da malha de amostras Prodan, contendo as seguintes informações: IN_FID: número sequência de cada parcela de Prodan; NEAR_FID: número da árvore no vetor de árvores medidas na parcela; NEAR_DIST: distância da árvore até o ponto amostral de Prodan; e NEAR_RANK: ordenação em cada subunidade de Prodan das seis árvores selecionadas da menor para a maior distância (Figura 6).

Figura 18 Tabela resultante da operação *Generate near table*.

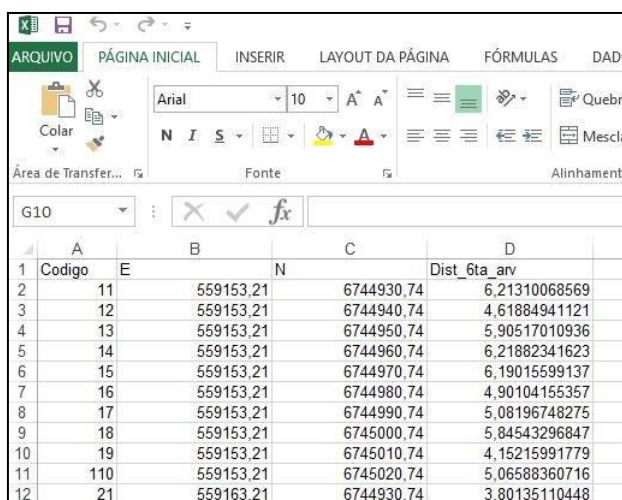
Rowid	OBJECTID	IN_FID	NEAR_FID	NEAR_DIST	NEAR_RANK
1	0	0	2	2.236068	1
2	0	0	1	2.801785	2
3	0	0	3	3.956008	3
4	0	0	0	4.90408	4
5	0	0	4	5.27731	5
6	0	0	5	6.113101	6
7	0	1	8	3.08707	1
8	0	1	9	3.08689	2
9	0	1	11	3.929377	3
10	0	1	10	3.966106	4

Fonte: Autores.

Para que possamos ter na mesma tabela as informações qualitativas e quantitativas de cada árvore medida podemos utilizar a função de ligação entre campos comuns de tabelas *Join*. O resultado deste procedimento nos permite obter um novo vetor (por meio da espacialização já demonstrada neste trabalho) de todas as árvores que foram incluídas nas amostras Prodan associadas aos seus atributos levantados a campo.

Para demonstrar correta seleção das árvores nas amostras Prodan fez-se um *Buffer* utilizando-se a distância da 6ª árvore até o centro da parcela mais a metade do diâmetro desta mesma árvore como raio de cada ponto amostral (Figura 7).

Figura 19 Tabela de coordenadas e distâncias da 6ª árvore em cada parcela Prodan.



	A	B	C	D
	Código	E	N	Dist_6ta_arv
1	11	559153,21	6744930,74	6,21310068569
2	12	559153,21	6744940,74	4,61884941121
3	13	559153,21	6744950,74	5,90517010936
4	14	559153,21	6744960,74	6,21882341623
5	15	559153,21	6744970,74	6,19015599137
6	16	559153,21	6744980,74	4,90104155357
7	17	559153,21	6744990,74	5,08196748275
8	18	559153,21	6745000,74	5,84543296847
9	19	559153,21	6745010,74	4,15215991779
10	110	559153,21	6745020,74	5,06588360716
11	21	559163,21	6744930,74	3,80135110448

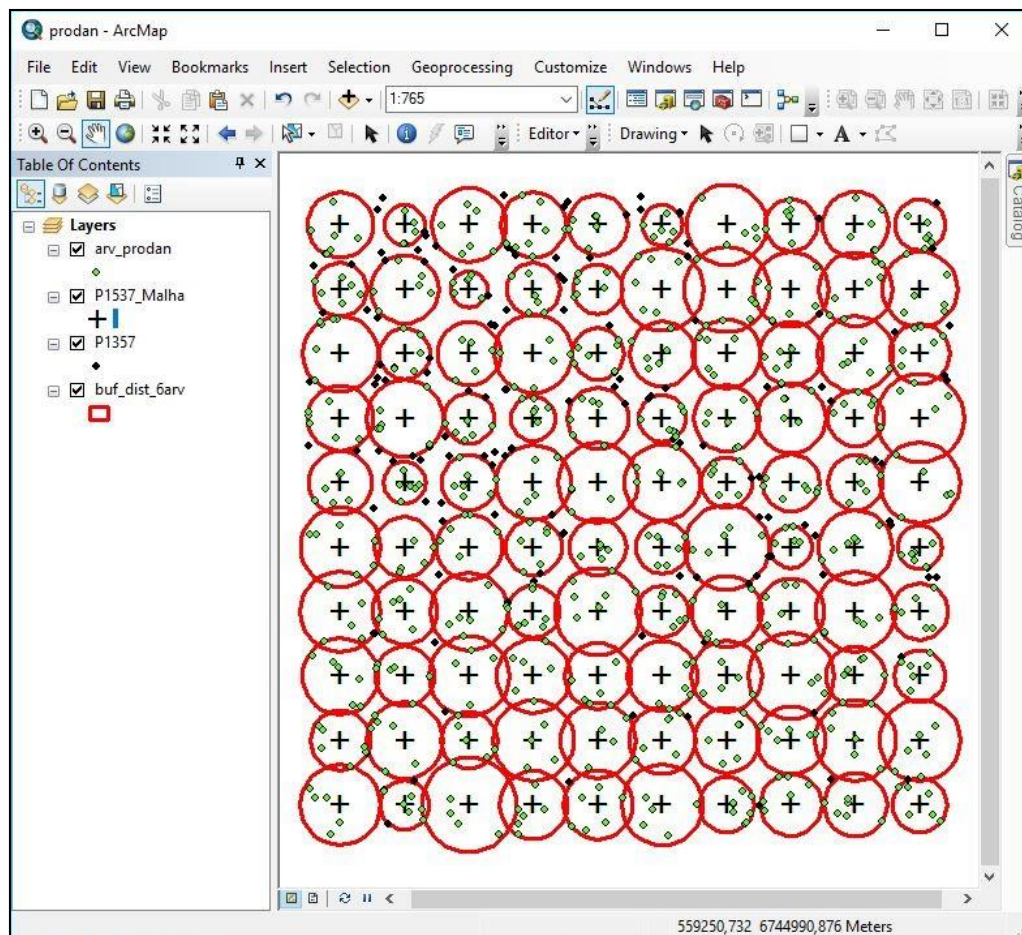
Fonte: Autores.

Como resultado da metodologia descrita no decorrer do presente trabalho, obtivemos 600 árvores incluídas no raio de pesquisa que apresentou distancia variável de acordo com a distribuição espacial dentro do conglomerado. A Figura 8 mostra as árvores excluídas do raio de pesquisa identificadas pela cor preta, e as árvores incluídas no raio de pesquisa destacam-se pela cor verde. A subunidade 31 foi a que apresentou maior raio de pesquisa medindo 7,34 m, consequentemente a árvore com maior distância foi identificada dentro desta mesma subunidade, sendo ela da espécie *Myrtaceae*, de nome científico *Blepharocalyx salicifolius* e nome popular *murta*. O raio médio das parcelas Prodan foi 3,57m.

Em alguns casos o raio de pesquisa agregou a mesma árvore em parcelas Prodan diferentes e a Figura 9 apresenta um exemplo desta situação. Obviamente esta situação aconteceu por utilizarmos um grande número de parcelas Prodan em nosso trabalho, o que não é normal em levantamentos florestais que utilizam parcelas de área variável para estimar o volume das florestas nativas. Quando esta inclusão em mais de uma parcela acontece é necessário de que estas árvores estejam duplicadas na tabela de atributos gerada.

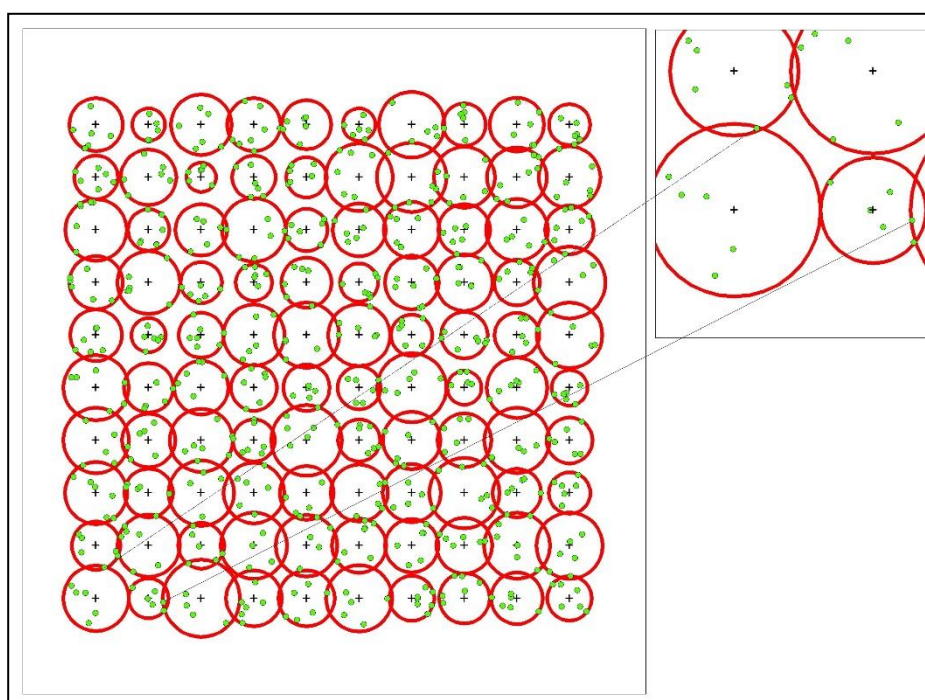
A metodologia criada permite a criação de parcelas Prodan em um ambiente SIG de maneira a poder selecionar árvores de forma automática em levantamentos florestais. Neste trabalho as árvores já haviam sido medidas a campo e, portanto, serve como comprovação de que a técnica é funcional. No entanto a metodologia pode ser aplicada no planejamento de futuros inventários florestais. Por meio da utilização de imagens aéreas podemos localizar as árvores na floresta e plotar as parcelas Prodan com a identificação prévia de quais árvores deverão ser medidas a campo.

Figura 20 Resultado da aplicação do método de Prodan.



Fonte: Autores.

Figura 21 Inclusão de mesma árvore em diferentes subunidades.



Fonte: Autores.

4 CONCLUSÕES

A metodologia permite gerar parcelas Prodan em ambiente SIG auxiliando nas análises relacionadas aos inventários florestais.

A identificação das árvores incluídas nas parcelas Prodan é de fácil implementação no ambiente SIG.

REFERENCIAS

BRAZ, E. M. et al. **Manejo de precisão em florestas naturais**. In: Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar. / Alberto Carlos de Campos Bernardi, [et al.], editores técnicos. – Brasília, DF: Embrapa, 2014, p. 488-491.

MAEDA, S. et al. **Silvicultura de Precisão**. In: Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar. / Alberto Carlos de Campos Bernardi, [et al.], editores técnicos. – Brasília, DF : Embrapa, 2014, p. 467-477.

MORENO, C. S. **Aplicação de SIG no processamento do inventário florestal nacional – Cabo Verde**. Instituto Superior de Estatística e Gestão de Informação da Universidade de Lisboa. 2009.

PÉLLICO NETO, S.; BRENA, D. A. **Inventário florestal**. Curitiba: Editorado pelos autores. 1997, 316 p.

Prefeitura de São Francisco de Paula. **Perfil da Cidade**. Disponível em: <<http://www.saofranciscodepaula.rs.gov.br/prefeitura/perfil-da-cidade>>. Acesso em: 05 out. 2016.

SEBEM, E. **Desenvolvimento e Aplicabilidade de uma Base de Dados Relacional para o Inventário Florestal Contínuo do Rio Grande do Sul**. 160 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2000.

SANQUETTA, C. R.; WATZLAWICK, L. F.; CÔRTE, A. P. D.; FERNANDES, L. A. V.; SIQUEIRA, J. D. P. **Inventários Florestais: Planejamento e Execução**. 2ª Edição. Editora Multi-Graphic Gráfica e Editora. Curitiba – PR. 2009

SANQUETTA, C. R.; WATZLAWICK, L. F.; CÔRTE, A. P. D.; FERNANDES, L. A. V.; SIQUEIRA, J. D. P. **Inventários Florestais: Planejamento e Execução**. 3ª Edição. Editora Multi-Graphic Gráfica e Editora. Curitiba – PR. 2014

SCHROEDER, M. Cobertura florestal do Rio Grande do Sul: tendências e perspectivas. In: **1º Seminário sobre a Situação Florestal do Rio Grande do Sul**, 5 a 6 de novembro, 1991, Santa Maria. Anais ... Santa Maria: UFSM, CEPEF: FATEC: Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Rio Grande do Sul, 1991. p. 2-9.

VARIABILIDADE ESPACIAL DAS FRAÇÕES DA MATÉRIA ORGÂNICA DE UM NEOSSOLO REGOLITICO EUTRÓFICO, SOB DIFERENTES FITOFISIONOMIAS

Spatial variability of fraction of organic matter of a NEOSSOLO REGOLITICO Eutrófico under different vegetation types

Daniel Nunes Krum¹, Júlio Cesar Wincher Soares², Claiton Ruviano³, Guilherme Fávero Rosado¹, Lenon Vaz¹, Thiago Floriano Cardoso¹, José Leonardo Bonoto¹, Dalvan José Reinert⁴

¹ Graduando em Agronomia, Laboratório de Solos da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI – Campus Santiago. Avenida Batista Bonoto Sobrinho, Santiago RS, 97700-000. daniel.krum@hotmail.com.

² Professor Dr. do Curso de Agronomia e da Ciências da Computação. Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI – Campus Santiago. juliowincher@gmail.com.

³ Professor Coord. Dr. do Curso de Agronomia. Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI – Campus Santiago. ruviano@urisantiago.br.

⁴ Professor PhD da Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, departamentos de Solos. Av. Roraima, 1000, Prédio 42, Santa Maria-RS. dalvan@ufsm.br

RESUMO

A degradação do solo é um processo que reduz ou finda a capacidade do solo de produzir bens econômicos e serviços ambientais. Objetivou-se, neste estudo, avaliar a variabilidade espacial das diferentes frações da matéria orgânica (MOS) de um NEOSSOLO REGOLITICO Eutrófico, sob diferentes fitofisionomias. Foi utilizado um grid amostral de 15 x 15 m, totalizando 96 pontos de prospecção. A variabilidade espacial das diferentes frações da MOS foi avaliada com o emprego de algoritmos de krigagem. As diferentes frações da MOS possuem dependência espacial classificada como moderada, com alcance variando de 100 e 200 m. Restringindo o CO_{TOTAL}, as outras frações da MOS apresentaram ajuste ao modelo de semivariograma exponencial. A densidade amostral foi de grande importância para a definição das variáveis com exatidão. O impacto da inserção do povoamento de Eucalipto e Pinus foi positivo em relação ao campo nativo, elevando os estoques de carbono orgânico do CO_{TOTAL} e na fração Co_{250-2000um}.

Palavras-Chave: Estoque de Carbono Orgânico. Krigagem. Impacto ambiental dos florestamentos.

ABSTRACT

Soil degradation is a process that reduces or ends the ability of soil to produce economic goods and environmental services. The objective of this study was to evaluate the spatial variability of the different fractions of soil organic matter (SOM) of a NEOSSOLO REGOLITICO Eutrófico under different vegetation types. a sampling grid of 15 x 15 m, totaling 96 points prospecting was used. The spatial variability of the different fractions of SOM was evaluated with the use of kriging algorithms. The different fractions of SOM have spatial dependence classified as moderate, with a range varying from 100 to 200 m. Aside from CO_{TOTAL}, other fractions of SOM presented adjustment to the exponential semivariogram model. The sample density was of great importance to the definition of variables accurately the impact of the insertion of Eucalyptus and Pinus stand was

positive in relation to the native field, raising organic carbon stocks CO_{TOTAL} and $Co_{250-2000\mu m}$ fraction.

Keywords: Stock Organic Carbon. Kriging. Environmental impact of forestation.

1 INTRODUÇÃO

É crescente o número de terras que apresentam solos degradados em todo o mundo, este fato compromete a capacidade do solo de produzir riquezas e de cumprir as suas funções ecológicas (LAL, 1993).

A degradação dos solos ocasionada por processos erosivos, de mudanças de uso e ocupação das terras, de salinização, de compactação e de desestruturação depreciam as suas propriedades físicas, químicas e biológicas, reduzindo a sua fertilidade natural (SÁ et al., 2000; LEITE et al., 2010). Os agentes antrópicos atuam direta e indiretamente no ciclo do carbono, modificando a quantidade e a qualidade da matéria orgânica do solo (MOS) (LEITE et al., 2010). As perdas de carbono estão ligadas diretamente à redução do aporte de material orgânico, ao aumento da taxa de decomposição dos resíduos vegetais e a diminuição da proteção física da MOS (BEHESTHIA et al., 2012).

Desta maneira, a MOS é um ótimo indicador da qualidade do solo, pois interage com as propriedades químicas, físicas e biológicas (REICHERT et al., 2003). As modificações ocasionadas pelo uso e manejo inadequado dos solos são mensuradas por meio do fracionamento físico da matéria orgânica. Uma vez que, as alterações nas frações leve livre (FLL) e leve oclusa (FLO) da MOS são detectadas num curto período de tempo. Assim, pode-se fornecer informações importantes sobre a sustentabilidade e qualidade do solo em agroecossistemas, permitindo correções nas estratégias de uso e manejo do solo (SANTOS et al., 2013).

O monitoramento espacial da qualidade do solo deve ser feito nas diferentes regiões agroecológicas do planeta, mensurando as mudanças no solo em séries temporais. Permitindo com que o manejo e a conservação do solo e da água estejam elevando a qualidade do solo (ARAÚJO et al., 2007). A avaliação e o monitoramento da qualidade dos solos tem como objetivo básico, indicar sobre a capacidade atual que o solo analisado tem para exercer suas funções básicas no agroecossistema e/ou para verificar se existe uma tendência quanto a sua capacidade de estar se mantendo, piorando ou melhorando (USDA, 1999).

Os cultivos florestais são considerados os principais agentes de transformação da paisagem, e são alvos de inúmeras controvérsias quanto aos seus impactos no ambiente (SOARES et al., 2015). Cardoso e Pires. (2008) e Viana (2004) afirmam que a silvicultura é prejudicial para o ciclo hidrológico, atuando como agente de degradação do solo. Em contraponto, Lima et al. (2007), Bernardino (2009) observaram que a silvicultura não prejudica o funcionamento do ciclo hidrológico, e sim melhorando o seu funcionamento, conservando o solo e a sua biodiversidade, e contribuindo para a ciclagem de nutrientes por meio do aporte da serapilheira.

A hipótese do presente trabalho é de que a inserção de povoamentos de Eucalipto e de Pinus proporcionam impactos nos estoques de carbono orgânico das diferentes frações da matéria orgânica, e esses impactos podem ser mensurados por técnicas de análise espacial.

Desta maneira, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a variabilidade espacial das diferentes frações da matéria orgânica de um NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico, sob diferentes fitofisionomias.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado numa área de 2,10 ha da Fazenda Escola da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Campus Santiago, com coordenadas centrais UTM 705.589 E e 6.769.112 S (SIRGAS 2000, zona 21 S) (Figura 1).

Segundo a classificação de Köppen, o tipo climático predominante é o Cfa, subtropical úmido com precipitação abundante em todos os meses do ano, perfazendo uma precipitação anual de 1.919 mm, com temperatura média anual de 17,9 °C (MORENO, 1961). O relevo por sua vez, apresenta feições de suave ondulado a ondulado, com altitudes que alcança cerca de 394 metros.

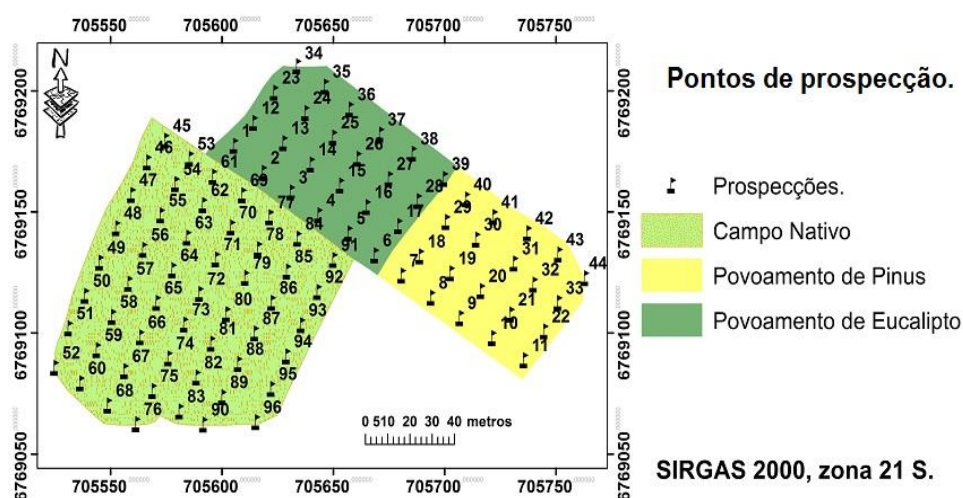
O componente geológico é composto principalmente por rochas sedimentares (arenitos e lutitos) e vulcânicas (basalto e riólito) distribuídas nos compartimentos geomorfológicos do Planalto da Campanha, Planalto das Missões, Planalto das Araucárias e a Depressão Central (ROSS, 1996).

A vegetação encontra-se principalmente sob o domínio da Estepe Estacional do Bioma Pampa, porem na localidade de Ernesto Alves ocorre a Floresta Estacional Decidual do Bioma Mata Atlântica (LEITE, 2002; IBGE, 2004; UFRGS, 2016). Na composição do uso do solo e cobertura vegetal, predominam cultivos agrícolas, formações campestres e florestas nativas em diferentes estágios de regeneração.

Desta maneira, esses componentes da paisagem contribuem para a formação de diferentes classes de solos, que numa escala de desenvolvimento vão de NEOSSOLO LITOLICO Eutrófico até LATOSSOLO VERMELHO Distrófico (STRECK et al., 2008). Foi avaliado um polipeton de NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico, sob campo nativo, com mais de três décadas de ocupação (1,10 ha), um povoamento de Eucalipto (0,55 ha) e um povoamento de Pinus (0,45 ha), ambos com 12 anos de implantação (Figura 1).

A descrição pedométrica contou com 96 pontos de prospecções de uma malha, com intervalos regulares de 15 m, na profundidade de 0,0 – 0,20 m (Figura 1).

Figura 1 – Distribuição espacial dos pontos de prospecções num NEOSSOLO REGOLITICO Eutrófico, sob diferentes fitofisionomias.



Alocação dos pontos contou com o emprego de um receptor GNSS (*Global Navigation Satellite System*), com dupla frequência (L1/L2) e disponibilidade de RTK (*Real Time Kinematic*), utilizando o datum horizontal sirgas 2000, zona 21 S.

Foram coletadas amostras deformadas para determinação das diferentes frações da MOS, por meio do método adaptado de SIX et al. (1998). Foram adicionados 10 g de solo (seco ao ar e peneirado a 2000 μm) e 60 ml de hexametáfosfato de sódio (5 g L⁻¹) em *snap-cap*. Posteriormente, efetuou-se a agitação por 18 horas. O procedimento de agitação teve por objetivo o rompimento dos agregados do solo, com a decorrente liberação da matéria orgânica que estava associada às partículas. Após a agitação, utilizando-se de jatos de água destilada, a amostra foi fracionada em peneiras de 250 μm e 53 μm . O material retido nas peneiras de 53 e 250 μm perfazem a fração leve intra-agregados (FLI) e a fração leve livre (FLL) da MOS, já o material inferior a 53 μm perfaz a fração pesada (FP) da MOS.

O teor de carbono orgânico (Co) foi determinado pelo método colorimétrico, proposto por RAJ et al. (2001).

A variabilidade das frações da MOS foi avaliada pela análise estatística descritiva. Por se tratar de 96 amostras, a hipótese de normalidade dos dados foi examinada pelo teste de KOLMOGOROV-SMIRNOV, com 5 % de significância.

A análise da dependência espacial foi realizada por meio da geoestatística, com o ajuste de semivariogramas teóricos (considerando o maior coeficiente de determinação e o menor Erro Quadrático Médio) no CR Camperio. O grau de dependência espacial (GDE) foi classificado conforme Cambardella et al. (1994), onde a dependência espacial é fraca, quando a razão do efeito pepita for superior a 75 % do patamar, a dependência espacial moderada, quando a razão do efeito pepita for superior a 25 % e inferior ou igual a 75 % do patamar e a dependência espacial forte, quando a razão do efeito pepita for inferior ou igual a 25 % do patamar.

Posteriormente, os mapas de distribuição espacial das propriedades do solo foram elaborados no Sistema de Informações Geográficas (SIG) SAGAGIS, utilizando algoritmos Krigagem.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise estatística descritiva revela que os valores de Carbono Orgânico Total (CO_{TOTAL}) possuem média de 18,14 g Kg⁻¹, variando entre 12,42 e 51,86 g Kg⁻¹. Já a fração pesada da MOS de agregados com tamanho inferior a 53 μm ($\text{CO}_{\leq 53\mu\text{m}}$) apresentou valores de carbono orgânico variando entre 8,60 e 50,85 g Kg⁻¹, perfazendo a média de 15,81 g Kg⁻¹. As frações FLI e FLL de agregados com tamanho de 53 a 250 μm demonstraram valores de carbono orgânico variado entre 0,26 e 9,10 g Kg⁻¹, com média de 1,39 g Kg⁻¹. Por fim, os agregados com tamanho de 250 a 2000 μm corroboraram com valores de carbono orgânico nas frações FLI e FLL de 0,04 g Kg⁻¹ a 4,09 g Kg⁻¹, com média de 0,94 g Kg⁻¹ (Tabela 1).

Conforme Warrick e Nielsen (1980), os coeficientes de variação do carbono orgânico das frações CO_{TOTAL} e $\text{Co}_{\leq 53\mu\text{m}}$ são classificados como de média variabilidade, conforme Warrick e Nielsen (1980), corroborando com os resultados de Souza et al. (2003) e Souza et al. (1997) (Tabela 1).

O carbono orgânico das frações $\text{Co}_{53-250\mu\text{m}}$ e $\text{Co}_{250-2000\mu\text{m}}$ apresentam alta variabilidade, classificação proposta por Warrick e Nielsen (1980). Estes valores encontrados para o CV são semelhantes aos encontrados por Sá et al. (2000) (Tabela 1).

O valor de CO para a fração pesada (FP)_{<53 μm} apresenta média variação conforme Warrick e Nielsen (1980), demonstra grande potencial para armazenar carbono nas frações mais finas, os quais tem a MO agregada aos minerais, impedindo sua saída (Tabela 1). Ademais, afeta a decomposição da camada orgânica do solo e a entrada de CO para solos via produtividade da planta (MCLAUCHLAN, 2006).

O CO na fração leve livre (FLL) e fração leve intra-agregados (FLI)_{>53-250µm} apresenta alta variação segundo Warrick e Nielsen (1980), contendo um menor teor de CO na camada (Tabela 1), e segundo Nicoloso (2005), essa fração é considerada como a MO associada à fração areia. Esta variação de teores de CO indica que o mecanismo de proteção do N se dá pela sua interação com a fração mineral (PILLON, 2000). Verifica-se a decomposição do CO, mostrando que nesses solos o efeito no decréscimo do conteúdo de carbono ocorre de forma rápida, em ambas as frações, conforme Stürmer et al. (2011).

O valor da FLL e FLI do CO_{250-2000µm} apresenta alta variação, conforme Warrick e Nielsen (1980), e essa fração é formada basicamente no entorno da matéria orgânica particulada que foi recentemente adicionada ao solo (SIX et al., 1999). Portanto, esses resíduos frescos favorecem à formação de macroagregados e agentes cimentantes (GOLCHIN et al., 1994; SIX et al., 1999).

Tabela 1 - Análise descritiva das frações da matéria orgânica de um NEOSSOLO REGOLITICO Eutrófico, sob diferentes fitofisionomias.

Fração	Casos	Mín.	Máx.	Média	Desvio Padrão	Variância	CV (%)	K-S	SIG
Co _{TOTAL} (g.Kg ⁻¹)	96	12,42	51,86	18,14	4,17	17,37	22,98	1,85	0,002
Co _{≤53µm} (g.Kg ⁻¹)	96	8,60	50,85	15,81	4,43	19,60	28,02	1,66	0,008
Co _{53-250µm} (g.Kg ⁻¹)	96	0,26	9,10	1,39	1,01	1,02	72,66	1,60	0,012
Co _{250-2000µm} (g.Kg ⁻¹)	96	0,04	4,09	0,94	0,83	0,69	88,29	1,36	0,049

Co_{TOTAL}: Carbono Orgânico Total. Co_{≤53µm}: carbono orgânico da fração pesada da MOS de agregados com tamanho inferior a 53 µm. Co_{53-250µm}: carbono orgânico das frações leve intra-agregados (FLI) e da fração leve livre (FLL) da MOS de agregados com tamanho de 53 a 250 µm. Co_{250-2000µm}: carbono orgânico das frações leve intra-agregados (FLI) e a fração leve livre (FLL) da MOS de agregados com tamanho de 250 a 2000 µm. CV: Coeficiente de variação. K-S: Teste de Kolmogorov-Smirnov. Sig: Significância (p<0,05).

Para avaliar a acurácia dos modelos utilizados nas diferentes simulações foi utilizado o coeficiente de determinação (R²) e o erro quadrático médio (EQM), conforme Dantas (2014). Assim, a análise geoestatística constatou-se que a fração CO_{total} apresenta ajuste ao modelo esférico e as demais frações ao modelo exponencial (Tabela 1), os quais são os modelos teóricos mais comuns para trabalhos envolvendo solos e plantas (SILVA et al., 2003; CORÁ et al., 2004).

Foi encontrado um alcance de 200 metros nas frações CO_{total}, CO_{≤53µm} e CO_{250-2000µm} e para a fração CO_{53-250µm} um alcance de 100 metros (Tabela 2). Um critério importante para estudo é o alcance, que significa a máxima distância que a variável está correlacionada espacialmente (DAVIS, 1986), isto é, valores maiores de alcance promovem maior confiança nas estimativas feitas (CORÁ E BERALDO, 2006). O alcance é um fator importante para o delineamento e avaliação experimental, podendo auxiliar na definição de procedimentos amostrais (WEBSTER, 1985; SOUZA et al., 2008), tendo aplicação direta no plano de amostragem na agricultura de precisão.

Na fração CO_{total} o valor do coeficiente de determinação do modelo (R²) apresentou o valor de 0,95, com grau de dependência espacial (GDE) de 66,69 % (Tabela 2).

Tabela 2 - Parâmetros dos modelos de semivariogramas ajustados para as frações da matéria orgânica de um NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico, sob diferentes fitofisionomias.

Prop.	Modelo	Alcan- ce	Patamar	Pepita	R ²	EQM	Dependên- cia	GDE (%)
CO _{TOTAL} (g Kg ⁻¹)	Esférico	200	17,367	11,5821	0,95	16,38	Moderada	66,69
Co _{≤53um} (g Kg ⁻¹)	Exponencial	200	19,602	13,008	0,93	17,69	Moderada	66,36
Co _{53-250um} (g Kg ⁻¹)	Exponencial	100	1,023	0,412	0,75	1,07	Moderada	40,36
Co _{250-2000um} (g Kg ⁻¹)	Exponencial	200	0,688	0,508	0,73	0,45	Moderada	73,80

CO_{TOTAL}: Carbono Orgânico Total. Co_{≤53um}: carbono orgânico da fração pesada da MOS de agregados com tamanho inferior a 53 µm. Co_{53-250um}: carbono orgânico das frações leve intra-agregados (FLI) e da fração leve livre (FLL) da MOS de agregados com tamanho de 53 a 250 µm. Co_{250-2000um}: carbono orgânico das frações leve intra-agregados (FLI) e da fração leve livre (FLL) da MOS de agregados com tamanho de 250 a 2000 µm. R²: Coeficiente de determinação do modelo. EQM: Erro quadrático médio. GDE: Grau de dependência espacial.

Para a fração CO_{≤53um} o valor do R² foi de 0,93, com GDE 66,36 %. Já para a fração de CO_{53-250um}, o R² foi de 0,73, com GDE de 73,80 %; por fim, na fração Co_{250-2000um} o R² foi de 0,75, com GDE de 72,35 % (Tabela 2). Ainda que, o coeficiente de determinação (R²) seja uma medida simples de desempenho dos modelos (WILLMOTT, 1981), ele ainda é muito utilizado (VERECKEN et al., 1989). Desta maneira, nos próximos trabalhos pode-se testar o desempenho dos modelos utilizando os critérios de informação de Akaike (AIC), Akaike Corrigido (AICc) e Bayesiano (BIC).

As frações apresentaram grau de dependência espacial (GDE) moderada, ficando entre 25 e 75% (Tabela 2). O GDE moderado está ligado aos fatores extrínsecos, os quais são promovidos pela ação antrópica (CAMBARDELLA et al., 1994).

O efeito pepita variou entre 0,481 e 11,5821 do patamar (Tabela 2), é um fator importante que indica a variabilidade não explicada, levando em consideração a distância de amostragem utilizada (MCBRATNEY 1986 e WEBSTER 1985). Esse fator pode ser expresso em porcentagem do patamar, com a finalidade de facilitar a comparação entre o grau de dependência espacial (GDE) e as variáveis em estudo (TRANGMAR et al., 1985). A análise do efeito pepita é muito importante, pois, quanto menor for sua participação na variabilidade dos dados, maior será sua continuidade do fenômeno e menor será a variância da estimativa (ISAACS, 1989).

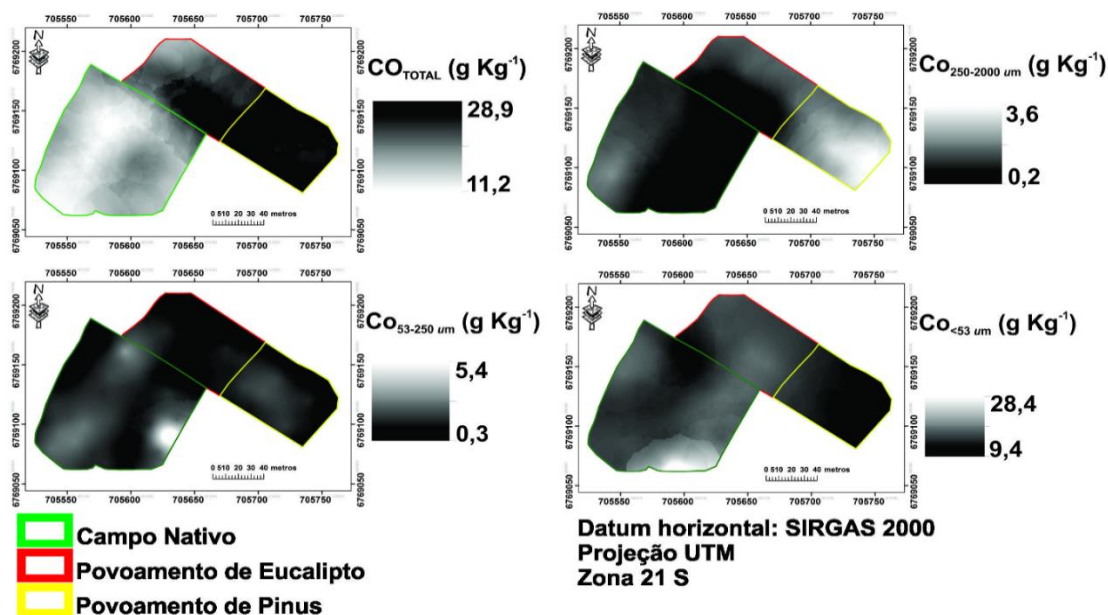
Os maiores teores de CO_{TOTAL} (Figura 2) foram observados no solo sob o povoamento de Pinus, devido ao fato de um maior aporte de serapilheira, pois possuem maiores percentuais de celulose, hemicelulose e lignina e são mais resistentes a decomposição (SILVA et al., 2009), seguido pelo povoamento de Eucalipto e Campo nativo.

A fração Co_{≤53um} (Figura 2) apresentou teores mais elevados de carbono sob o Campo Nativo, devido a uma maior concentração de material orgânico humificado (GREGORICH et al., 2006), pois, o sistema encontra-se estável há mais de três décadas.

Na fração $Co_{53-250\mu m}$ (Figura 2) os maiores teores de carbono foram encontrados no solo sob Campo Nativo, estando essa fração relacionada diretamente com a areia fina e com o tamanho reduzido da liteira do campo (FELLER, 1997; FREIXO et al., 2002).

Os maiores teores de carbono na fração $Co_{250-2000\mu m}$ (Figura 2) foram mapeados no solo sob o povoamento de Pinus, isso acontece pelo fato de que há um maior aporte da serapilheira, a qual se relaciona diretamente com essa fração.

Figura 2 – Distribuição espacial dos estoques de carbono nas diferentes frações da matéria orgânica do NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico, sob diferentes fitofisionomias.



Conforme Paul e Clark (1989), o crescimento dos estoques de CO_{TOTAL} nos solos que foram submetidos aos florestamentos (sistemas mais estáveis) pode estar ligado a dois fatores: a capacidade dos compostos orgânicos de se protegerem contra os agentes degradantes dos microrganismos, auxiliados pelo fechamento das entradas de CO nos agregados do solo; e também a eficiência dos compostos orgânicos de se protegerem quimicamente por meio da ligação entre os minerais e os cátions do solo, no qual desacelera a sua decomposição. Assim, observa-se o impacto dos florestamentos no pedoambiente, sendo esse impacto positivo para o ecossistema.

Este estudo abre novos caminhos para as pesquisas relacionadas à avaliação do impacto ambiental causado por florestamentos, principalmente, em relação à variação espacial e temporal dos impactos dos florestamentos na fertilidade dos solos, no que tange a química e a física do solo.

4 CONCLUSÕES

- Todas as frações estudadas apresentaram dependência espacial classificada como moderada, com alcance variando de 100 a 200 m.
- Com exceção do CO_{TOTAL} , as demais frações estudadas apresentaram ajuste ao semivariograma de exponencial.
- A densidade amostral foi de grande importância para a definição das variáveis com exatidão.

- A análise da distribuição espacial aliada à krigagem possibilitou o mapeamento da variabilidade espacial das frações da matéria orgânica, proporcionando melhor visualização do seu comportamento na área de estudo e do impacto ambiental causado pelos florestamentos na matéria orgânica do solo.

- O impacto da inserção do povoamento de Eucalipto e Pinus foi positivo em relação ao campo nativo, elevando os estoques de carbono orgânico do CO_{TOTAL} e na fração Co_{250-2000um}.

REFERENCIAS

ARAUJO, R.; GOEDERT, W. J.; LACERDA, M. P. C. Qualidade do Solo sob Diferentes Usos e sob Cerrado Nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 31: 1099-1108. 2007.

BEHESHTIA, A.; RAIESIA, F.; GOLCHIN, A. Soil properties, C fractions and their dynamics in land use conversion from native forests to croplands in northern Iran. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.148, p.121-133, 2012.

BERNARDINO, F. S.; GARCIA, R. Sistemas Silvopastoris. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n. 60, p.77-87, 2009.

CAMBARDELLA, C. A.; MOORMAN, T. B.; NOVAK, J. M.; et al. **Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils**. Soil Sci. Soc. Am. J., 58:1501-1511, 1994.

CARDOSO, R. S. B.; PIRES, L. V. **Algumas considerações sobre a monocultura do eucalipto e suas implicações**. Universidade Federal de Viçosa. S. l.: s.n., 2008.

CONCEIÇÃO, P.C.; AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; et al. Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos relacionados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, p.777-788, 2005.

CORÁ, J. E.; ARAUJO, A. V.; PEREIRA, G. T.; et al. Variabilidade espacial de atributos do solo para adoção do sistema de agricultura de precisão na cultura de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v. 28, n. 6, p. 1013-1021, 2004.

CORÁ, J. E.; BERALDO, J. M. G. Variabilidade espacial de atributos do solo antes e após calagem e fosfatagem em doses variadas na cultura de cana-de-açúcar. **Engenharia Agrícola**, v.26, p.374-387, 2006.

DAVIS, J.C. **Statistics and data analysis in geology**. 2. ed. New York: John Wiley, 1986. 646p.

DANTAS, J. S.; FILHO, M. V. M.; JÚNIOR, J. M.; et al. Coeficiente de erodibilidade em sulcos e entressulcos de Argissolos coesos estimado pela cor do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** (1977), v. 49, p. 700-707, 2014.

FELLER, C.; BEARE, M. H. **Physical control of soil organic matter dynamics in the tropics**. Geoderma, 79:69-116, 1997.

FREIXO, A. A.; MACHADO P. L. O. A.; GUIMARÃES C. M.; et al. Estoques de carbono e nitrogênio e distribuição de frações orgânicas de latossolo do cerrado sob diferentes sistemas de cultivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 26: 425-464, 2002.

GOLCHIN, A.; OADES, J. M.; SKJEMSTAD, J. O.; et al. Study of free and occluded particulate organic matter in soil by solid state ^{13}C CP/MAS NMR spectroscopy and scanning electron microscopy. **Australian Journal of Soil Research**, Melbourne, v. 32, n. 2, p. 285-309, 1994.

GREGORICH, E. G.; BEARE, M. H.; MCKIM, U. F.; et al. Chemical and biological characteristics of physically uncomplexed organic matter. **Soil Science Society of America Journal**, v.70, p.975-985, 2006.

IBGE. **Mapa de Biomas do Brasil, primeira aproximação**. Rio de Janeiro: IBGE. 2004. Acessível em www.ibge.gov.br.

_____. **Mapas temáticos do Projeto RADAMBRASIL do Rio Grande do Sul na escala 1:250.000**. IBGE/SAA – RS. Florianópolis. 2003 CD - ROM.

ISAAKS, E.H.; SRIVASTAVA, R. M. **An introduction to applied geostatistics**. New York: Oxford University, 561p., 1989.

LAL R. Tillage effects on soil degradation, soil resilience, soil quality, and sustainability. **Soil & Tillage Research**, 27 1-8, 1983.

LEITE L. F. C.; OLIVEIRA, F. C.; ARAUJO, A. S. F.; et al. Soil organic carbon and biological indicators in an Acrisol under tillage systems and organic management in north-eastern Brazil. **Australian Journal of Soil Research**, v. 48, p. 258-265, 2010.

LEITE, P. F. **Contribuição ao conhecimento fitoecológico do sul do Brasil**. Ciência & Ambiente 24:51-73, 2002.

LIMA, A. M. N.; SILVA, I. R.; NEVES, J. C. L.; et al. Frações da matéria orgânica do solo após três décadas de cultivo de eucalipto no vale do Rio Doce - MG. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 32:1053-1063, 2008.

LIMA, S. S.; LEITE, L. F. C.; OLIVEIRA, F. C.; et al. Teores de nutrientes da serapilheira e do solo sob sistema agroflorestal em área de transição no norte do Piauí. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.2, n.2, p.1034-1037, 2007.

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, Diretoria de Terras e Colonizações, Secção de Geografia, 46p., 1961.

MCBRATNEY, A. B.; WEBSTER, R. Choosing functions for semivariograms of soil properties and fitting them to sampling estimates. **Journal of Soil Science**, v.37, p.617-639, 1986.

MCLAUCHLAN, K. K. **Effects of soil texture on soil carbon and nitrogen dynamic after cessation of agriculture**. Geoderma, 136:289-299, 2006.

NICOLOSO, R. **Dinâmica da matéria orgânica do solo em áreas de integração lavoura-pecuária sob sistema plantio direto**. 2005. 150 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

NICOLOSO, R. **Dinâmica da matéria orgânica do solo em áreas de integração lavoura-pecuária sob sistema plantio direto**. 2005. 150 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

PAUL, E. A. & CLARK, F. E. **Soil Microbiology and Biochemistry**. San Diego, Academic Press, 1989.

PILLON, C. N. **Alterações no conteúdo e qualidade da material orgânica do solo induzidas por sistemas de cultura em plantio direto**. 2000. 232 p.

RAIJ, B. V.; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; et al. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas Instituto Agrônomo, 2001. 285p.

REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; BRAIDA, J. A. **Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas**. Ciência & Ambiente, Santa Maria-RS, v. 27, p. 29-48, 2003.

[ROSS, J. L. S.](#) Os Fundamentos da Geografia da Natureza. In: Jurandyr Luciano Sanches Ross. (Org.). **Geografia do Brasil**. São Paulo: EDUSP, 1996, v. 1, p. 13-65.

SÁ, M. A. C.; LIMA, J. M.; SILVA, M. L. N.; et al. Comparação entre métodos para estudo da estabilidade de agregados em solos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, p.1825-1834, 2000.

SANTOS, H. G. dos.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; et al. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 353 p.

SILVA, L. G. da; MENDES, I.C.; JUNIOR, F.B.R.; et al. Physical, chemical and biological attributes of a cerrado Oxisol under different forest species. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 6, p. 613-620, jun. 2009.

SILVA, V. R.; REICHERT, J. M.; STORCK, L.; et al. Variabilidade espacial das características químicas do solo e produtividade de milho em um Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico arênico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 6, p. 1013-1020, 2003.

SIX, J.; ELLIOTT, E. T.; PAUSTIAN, K.; et al. Aggregation and soil organic matter accumulation in cultivated and native grassland soils. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 62, 1998, pp. 1367–1377.

SIX, J.; SCHULTZ, P. A.; JASTROW, J. D.; et al. Recycling of sodium polytungstate used in soil organic matter studies. **Soil Biology and Biochemistry**, v.31, p.1193-1196, 1999.

SOARES, J. C. W.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M.; et al. Soil-landscape relationship and its temporal variation in a forestry experimental station. **Ciência Florestal** (UFSM. Impreso), v. 25, p. 477-489, 2015.

SOUZA, C. K.; MARQUES, J. J.; MARTINS, M. V. F.; et al. Influência do relevo na variação anisotrópica dos atributos químicos e granulométricos de um Latossolo em Jaboticabal, SP. **Engenharia Agrícola**, v.23, p.486-495, 2003.

SOUZA, L. S.; COGO, N. P.; VIEIRA, S. R. Variabilidade de propriedades físicas e químicas do solo em um pomar cítrico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.21, p.367-372, 1997.

SOUZA, G. S.; LIMA, J. S. S.; SILVA, S. A.; et al. Variabilidade espacial de atributos químicos em um Argissolosob pastagem. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.30, p.589-596, 2008.

STRECK, E. V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R. S. D. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2. ed. Porto Alegre, EMATER/RS-ASCAR, 2008. 222p.

STURMER, S.; RHEINHEIMER, D. S.; COPETTI, A. C. C.; et al. **Variações nos teores de carbono orgânico em função do desmatamento e revegetação natural do solo**. Ciência Florestal (UFSM. Impresso), v. 21, p. 241-250, 2011.

TRANGMAR, B. B.; YOST, R. S.; WADE, M. K.; et al. Applications of geostatistics to spatial studies of soil properties. **Advances in Agronomy**, v.38, p.45-94, 1985.

UFRGS-IB-Centro de Ecologia. **Mapeamento da cobertura vegetal do Bioma Pampa: Ano-base 2009**. Porto Alegre: UFRGS-IB-Centro de Ecologia. 2016.

UNITED STATE DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Soil quality card design guide: a guide to develop locally adapted conservation tools**. NRCS/ Soil Quality Institute. Washington, 1999. 63p. <http://www.statlab.iastate.edu/survey/SQI>. Acesso em: 05.01.2001.

VEREecken, H.; MAES, J.; FEYEN, J.; et al. Estimating the soil moisture retention characteristic from texture, bulk density and carbon content. **Soil Science**, v. 148, p. 389-403, 1989.

VIANA, M. B. **O Eucalipto e os efeitos ambientais do seu plantio em escala**. Câmara dos Deputados. Brasília. 2004. 29 p.

WARRICK, A. W. & NILSEN, D. R. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: HILLEL, D. (Ed.). **Applications of soil physics**. New York, Academic Press, 1980.

WEBSTER, R. Quantitative spatial analysis of soil in the field. In: STEWART, B.A. (Ed). **Advance in soil science**. New York: Springer-Verlag, 1985. V.3, p.1-70.

WILLMOTT, C. J. On the validation of models. **Physical Geography**, v. 2, p. 184-194, 1981.

LEVANTAMENTO DO PERFIL SOCIOECONÔMICO DOS ATINGIDOS POR INUNDAÇÕES EM JAGUARI – RS

The socioeconomic profile survey of affected by floods in Jaguari – RS.

Victória Lixinski Zanin¹, Isabela Silveira Mello², Antoninho João Pegoraro³

Alessandro Carvalho Miola⁴

¹ Colégio Politécnico da UFSM. Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Prédio 70, Av Roraima nº 100097105-900, Santa Maria – RS, Brasil, lixinski.v@gmail.com

² Colégio Politécnico da UFSM. Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Prédio 70, Av Roraima nº 100097105-900, Santa Maria – RS, Brasil, isaasmello@hotmail.com

³ Colégio Politécnico da UFSM. Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Prédio 70, Av Roraima nº 100097105-900, Santa Maria – RS, Brasil, ajpegoraro@gmail.com

⁴ Colégio Politécnico da UFSM. Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Prédio 70, Av Roraima nº 100097105-900, Santa Maria – RS, Brasil, [alessandro@politecnico@ufsm.br](mailto:alessandro@politecnico.ufsm.br)

RESUMO

As enchentes são eventos extremos de precipitação, que têm produzido consequências devastadoras em escala global, pela falta de planejamento territorial em nível regional. Nessas áreas as enchentes causam grandes prejuízos às pessoas atingidas, dificultando a saída dos flagelados e seus pertences para locais mais seguros, consolidando uma expansão urbana caracterizada por desigualdades sócio territoriais e uma segregação espacial da população de baixa renda. Neste contexto o presente trabalho buscou fazer o Levantamento do Perfil Socioeconômico dos moradores residentes na área urbana do município de Jaguari, no Estado do Rio Grande do Sul. Através de técnicas de Geoprocessamento, foram gerados mapas, onde estão delimitadas e conhecidas as áreas e a população vulnerável, possibilitando a realização de um estudo das mesmas. Sendo assim, os processos detalhados até aqui serviram de base para que fosse possível fazer uma análise estatística destes moradores para apresentar aos órgãos competentes e à própria população.

Palavras-chave: Perfil socioeconômico. Inundações. População.

ABSTRACT

The floods are extreme precipitation events, which have had produced devastating consequences on a global scale, because of lack of territorial planning at the regional level. In the hit areas the floods cause major damage to the affected people, hindering the output of flagellates and their belongings to safer places, consolidating an urban expansion characterized by socio territorial inequalities and spatial segregation of low-income people. For this reason, the present study did the Socioeconomic Profile Survey of residents living in the urban area of Jaguari, in the very south of Brazil. Through GIS techniques, maps were generated with the delimitation of areas and vulnerable populations, enabling a study of it. Thus, the previously detailed processes were the basis to enable a statistical analysis of these residents to present to the relevant organizations and the public.

Keywords: Socioeconomic profile; Flooding; Population.

1 INTRODUÇÃO

As enchentes na maioria das vezes são eventos extremos de precipitação, que têm produzido consequências devastadoras. Tais eventos manifestam-se rapidamente em bacias hidrográficas formadas por microbacias de relevo montanhoso e jusantes em várzeas aluviais (Miola, 2013). Regiões ribeirinhas às planícies de inundação são mais propensas aos impactos das grandes cheias, a incidência das inundações influencia a classe média e alta a se afastarem das áreas urbanas definidas como área de risco, fazendo com que a especulação imobiliária sobre as áreas mais nobres da cidade pressione a população menos favorecida a ocupar os ambientes naturais impróprios para moradia (COELHO, 2001). Sabe-se então, que nestas áreas as enchentes causam grandes prejuízos aos atingidos, tornando difícil a remoção dos flagelados e seus pertences para locais seguros; consolidado assim uma expansão urbana caracterizada por desigualdades sócio territoriais e uma segregação espacial da população de baixa renda.

A urbanização é o fenômeno social, econômico e ambiental mais significativo das últimas quatro décadas, afetando significativamente todos os aspectos do planejamento, desenvolvimento e gestão das sociedades humanas. (BENNET et al., 2002). A área de risco é uma área passível de ser atingida por fenômenos ou processos naturais e/ou induzidos que cause efeito adverso, que neste caso corresponde a perdas materiais e de vidas (BRASIL, 2007). Quando pessoas passam a ocupar áreas passíveis de enchentes e escorregamentos elas se tornam vulneráveis a estes eventos naturais, vulnerabilidade é o grau de perda para um dado elemento ou grupo dentro de uma área afetada por um processo (BRASIL, 2004).

Segundo (BRASIL, 2007) no contexto das cidades brasileiras, essas áreas correspondem a núcleos habitacionais de baixa renda ditos assentamentos precários ou subnormais. A Política Nacional de Defesa Civil (BRASIL, 2000) aponta alguns tipos de vulnerabilidades dentre elas a vulnerabilidade social que se distingue em aspectos socioeconômicos como: nível de renda e as condições estruturais dos domicílios, os aspectos socioculturais e sociopolíticos. Tal afirmação comprova a carência sócio educacional e socioeconômica da população que é atingida frequentemente pelas inundações. No passado, o processo de transbordamento das águas do rio sobre as áreas adjacentes ao seu leito, permitiu o desenvolvimento da sociedade. Hoje, no entanto, quando as inundações ocorrem em regiões ocupadas pelo homem, sobretudo nas cidades, geram transtornos e prejuízos socioeconômicos, configurando-se em desastres naturais (BOTELHO, 2011).

Os desastres naturais resultam da relação entre homem e natureza, ou seja, ocorrem da tentativa do homem em dominar o meio natural, que na maioria das vezes acaba derrotado, causando-lhe danos e prejuízos socioeconômicos (KOBAYAMA et al., 2006). Então, quando não são aplicadas medidas para redução dos efeitos dos desastres, a tendência é aumentar a intensidade, a magnitude e a frequência dos impactos, neste contexto a presente pesquisa se desenvolve junto à população residente nas áreas inundáveis da cidade de Jaguari.

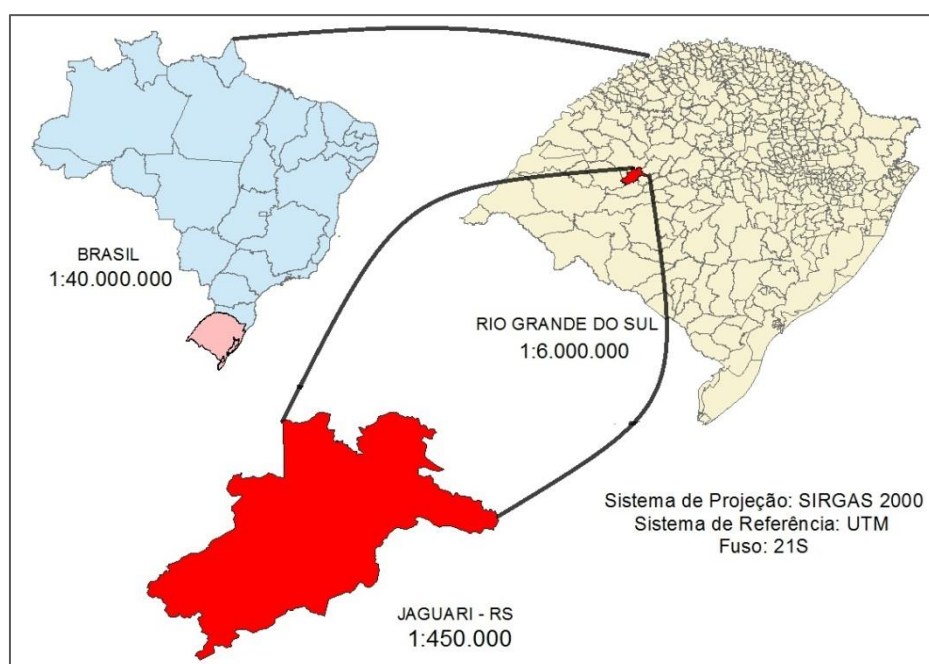
2 MATERIAL E MÉTODO

Através de um antigo projeto de cunho aplicado, quanti-qualitativo, foram realizados levantamentos de campo, mapeamento da rede hidrográfica, estudos documentais, modelagem digital dos terrenos, georreferenciamento das marcas de enchentes, e por fim, a realização dos mapas temáticos das inundações presentes nesta bacia para que fosse possível conhecer a área de estudo (Figura 1) e as áreas de alagamentos.

O primeiro passo para a realização dos levantamentos de campo foi feita através do uso de um GPS de navegação. A rede hidrográfica foi mapeada através de estudos realizados com o Google Earth® e visita as áreas. Embora não se disponha de todos os documentos históricos completos e atualizados, foi possível realizar os estudos documentais, bem como inventariar os dados históricos através de informações de acervos pessoais, do município, da rádio municipal, entre outros. Inicialmente foi feita a análise desses documentos.

2.1 ÁREA DE ESTUDO

Figura 1 – Mapa da localização da área de estudo.

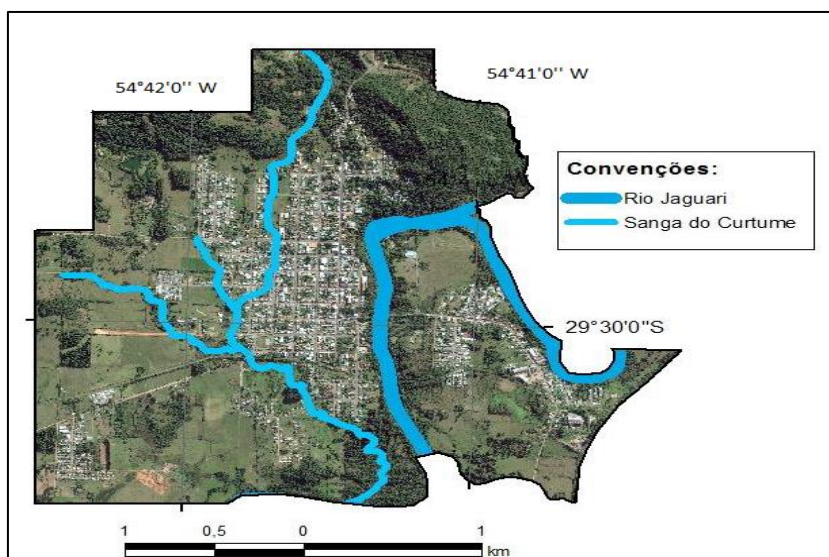


Fonte: dos autores, 2016.

A microbacia do Rio Jaguarí encontra-se no perímetro urbano de Jaguarí, compreendendo quatro bairros cuja população atingida chega a cerca de 50 famílias, totalizando cerca de 200 pessoas, onde foram aplicados questionários para traçar o perfil socioeconômico dessa população.

Na figura 2, conhecemos o canal do rio principal e a Sanga do Curtume, afluente do rio Jaguarí, que passa por dentro da cidade. Estes transbordam com certa frequência e tem sua região ribeirinha bastante habitada, portanto analisou-se que as áreas mais perigosas estão localizadas próximas a sanga do Curtume e ao rio Jaguarí.

Figura 2 – Mapa da localização do Rio Jaguari e da Sanga do Curtume.





Fonte: Prina, 2015

2.2 AVALIAÇÕES SOCIOECONÔMICAS

Para caracterização socioeconômica dos moradores das áreas identificadas como de risco, foi aplicado um questionário (Figura 3), com o intuito de conhecer sexo, idade, situação financeira, etc. Então, foi possível realizar uma análise estatística dos dados coletados a campo e construir o perfil socioeconômico da população residente nestas áreas.

Figura 3 – Questionário socioeconômico aplicado às famílias.

 UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA COLÉGIO POLITÉCNICO DA UFSM CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM GEOPROCESSAMENTO PROJETO DE PESQUISA LEVANTAMENTO DO PERFIL SOCIOECONÔMICO DOS ATINGIDOS POR ENCHENTES DO MUNICÍPIO DE JAGUARI – RS Projeto Nº 041697 UFSM		
Etnia: _____ Sexo: _____ Bairro: _____ Idade: _____ Anos Escolaridade: _____ Quanto tempo reside no local: _____ Tem pretensão de sair do local? _____		
Quantas pessoas residem na sua casa? _____ Quantas crianças? _____ As crianças frequentam a escola? _____ Alguma das pessoas que residem no local tem alguma necessidade especial? _____ Qual? _____		
A residência é própria? _____ Quantos cômodos possui a casa? _____ Tipo de material da residência: _____ Origem da água consumida: _____ Destino do lixo: _____ Destino do esgoto: _____		
Renda familiar: _____ Possui acesso a internet? _____ Possui algum plano de assistência médica? _____ Participa de algum programa social do governo: _____ <input checked="" type="checkbox"/> Sua residência é atingida por inundações? _____ <input checked="" type="checkbox"/> Qual a frequência dessas inundações? _____ <input checked="" type="checkbox"/> Em caso de inundação, você é amparado por algum órgão público, como assistência na saída rápida do local? _____ <input checked="" type="checkbox"/> Recebe ajuda após a inundação, como lonas, comida, roupas, _____ <input checked="" type="checkbox"/> Você ou alguma das pessoas que residem na casa já tiveram alguma doença causada pelas inundações? _____ Qual? _____ obs: _____ _____ Eu _____ autorizo a publicação dos dados estatísticos, assim como o estudo dos referidos dados questionados pelos membros do grupo de pesquisa. _____ Assinatura _____ / ____/2016		

Fonte: dos autores, 2016.

3 RESULTADOS

A microbacia do rio Jaguari pertence à Bacia Hidrográfica do rio Ibicui, a maior bacia da região hidrográfica Uruguai. O rio Jaguari possui aproximadamente 537,14 km de extensão. As inundações do município estão fortemente ligadas ao fenômeno El Niño,

sendo que em ano que ocorre o fenômeno tem a incidência de 2 a 3 inundações no município atingido em torno de 50 famílias que são retiradas das suas residências.

Através da observação de imagens de satélite e visitas as áreas, constatou-se que o cenário é composto pela concentração de habitações ao longo das encostas e bordas do rio. Em alguns trechos as habitações ficam completamente inundadas não apenas pelo rio, mas pelo canal chamado Sanga do Curtume, que tem sua foz no rio Jaguari. Quando o rio está sofrendo o transbordamento, acaba empurrando a água da Sanga e fazendo assim o transbordamento da mesma, inundando as moradias que se localizam próximas a sanga. As ruas e vielas de paralelepípedo apresentam e sulcos resultantes do escoamento das águas e pluviais e pelo esgoto a céu aberto lançado pelas fossas nem sempre são cobertas. O lixo normalmente é coletado por caminhões da prefeitura, de forma semanal, assim evita a proliferação de doenças. Casos de doenças relacionadas às inundações foram muito baixos, pois a população é ciente do problema do acúmulo de lixo.

Foram entrevistadas cinquenta famílias, totalizando aproximadamente 200 pessoas nos bairros Sagrado Coração de Jesus, Riveira, Mauá e Centro, sendo possível determinar as características sociais e econômicas da comunidade. No quadro, as questões que foram mais relevantes no estudo: renda, etnia, número de vezes que as famílias foram atingidas pelas inundações e escolaridade. Esses quatro parâmetros são apresentados em forma de gráficos. Outros parâmetros levantados são apresentados no Quadro 1.

Quadro 1: Perfil socioeconômico dos moradores.

QUESTOES	VARIAVEL DE RESPOSTAS	RESULTADOS EM %
ESCOLARIDADE	Ensino Fundamental Incompleto	48%
	Ensino Fundamental Completo	18%
	Ensino Médio Incompleto	2%
	Ensino Médio Completo	12%
	Não Alfabetizado	18%
	Ensino Técnico	2%
RESIDENTES POR CASA	1-3 Pessoas	62%
	3-5 Pessoas	26%
	Mais de 5 Pessoas	12%
TIPOLOGIA DAS MORADIAS	Madeira	28%
	Alvenaria	72%
ORIGEM DA ÁGUA CONSUMIDA	Poço	4%
	Corsan	96%
DESTINO DO ESGOTO	Fossa	90%
	Céu Aberto	10%
RENDA FAMILIAR	Menos de 1 Salário Mínimo	20%

	1 Salário Mínimo	50%
	2-3 Salário Mínimo	30%
CASO DE DOENÇAS	Nenhuma	96%
	1-2 Vezes	2%
	2-3 Vezes	2%
TEMPO DE MORADIA NO LOCAL	0-2 anos	18%
	2-5 anos	8%
	5-10 anos	18%
	10-20 anos	8%
	Mais de 20 anos	48%
DESTINO DO LIXO	Coleta	100%
	Queimado	0%
	Jogado nas encostas	0%
PRETENSÃO DE SAIR DO LOCAL	Sim	22%
	Não	78%
PROGRAMA SOCIAL DO GOVERNO	Sim	32%
	Não	68%
SEXO	Masculino	48%
	Feminino	52%
IDADE	18-25 anos	14%
	25-45 anos	38%
	45-60	24%
	Mais de 60 anos	24%
ETNIA	Branco	74%
	Pardo	20%
	Negro	6%
ATINGIDO POR INUNDAÇÕES	1-2 Vezes	48%
	2-3 Vezes	44%
	Mais de 3 vezes	8%

Nos gráficos abaixo, é possível visualizar que as áreas classificadas como de risco estão ocupadas por cinquenta famílias compostas em média por quatro moradores, totalizando um número de 200 pessoas em perigo constante em meio a inundações. Analisando o tempo de moradia percebe-se que 48% desta população vivem na área a mais de vinte anos, apenas 18% vivem a menos de dois anos. A tipologia das moradias em 72% é de alvenaria, se mostrando mais resistentes as intempéries, 28% das moradias é de madeira a expressam a realidade frágil e vulnerável da população, estas dependendo do grau de magnitude da inundação, obviamente as que ocupam moradias menos resistentes são as mais atingidas em termos de perdas materiais e casos mais extremos como risco de vida.

Dentre todos os parâmetros avaliados um dos que mais se destaca é permanência no local, quando indagados sobre a pretensão de retirada a maioria foi contra como aponta o quadro, representando 78% da população, mesmo que 100% responderam que convivem com situações de risco por alagamento. Entre as justificativas, está o tempo de residência no local e o valor imobiliário em outras áreas serem elevado, impossibilitando a aquisição pela falta de recursos financeiros. A falta de recursos está ligada ao indicador de renda familiar, onde 20% sobrevivem limitados a menos de um salário mínimo e 50% a um salário mínimo, o que torna ainda mais difícil a busca por áreas sem o risco de inundações.

Sabe-se que o crescimento profissional, e a acumulação de bens e renda dão-se, na maioria das vezes, devido ao nível de escolaridade e profissionalização. Entretanto a comunidade destas localidades, somando o nível fundamental incompleto ou completo totaliza 66%. Em termos estruturais, o saneamento básico é praticamente insuficiente, 100% dos entrevistados possuem fossa séptica e não têm redes de esgoto, algumas áreas o esgoto corre a céu aberto, porém em contraponto todos recebem água tratada da Companhia Rio-grandense de Saneamento (Corsan). Outro ponto positivo desrespeita a coleta de lixo, 100% da população são favorecida pela coleta de lixo semanal evitando o maior acúmulo de detritos jogados nos canais do rio. Quanto à ocorrência de doenças é inexpressiva, apenas 4% dos entrevistados tiveram alguma doença relaciona as inundações.

Gráfico 1 - Renda familiar dos atingidos por inundações.

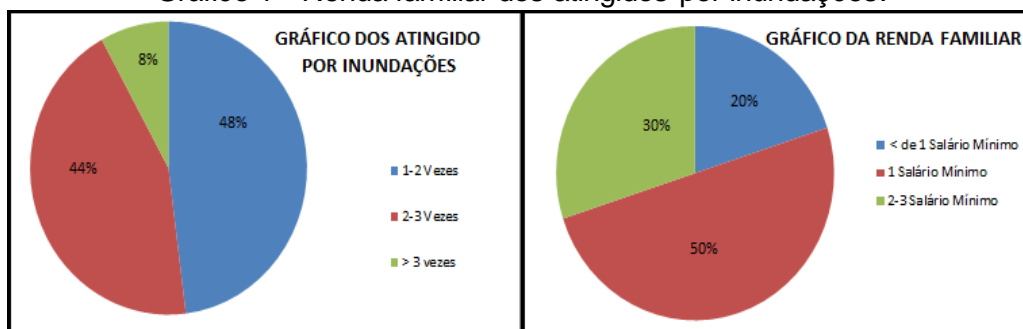
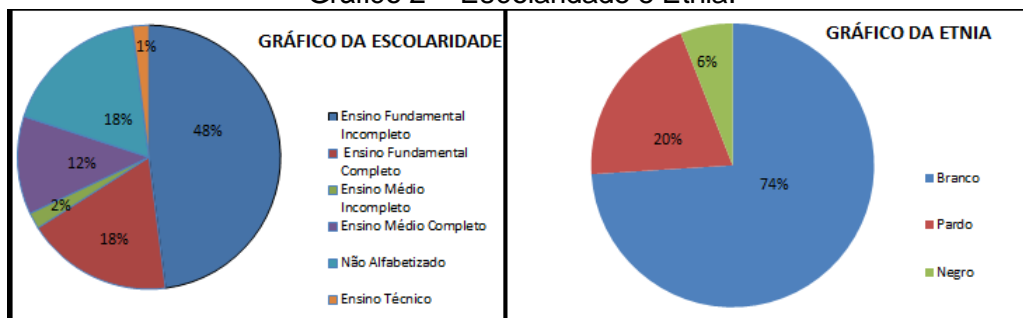


Gráfico 2 – Escolaridade e Etnia.



4 CONCLUSÃO

Pela análise dos dados foi possível entender como são estruturadas as vidas das famílias que vivem em áreas de riscos. Os resultados mostram que as populações residentes em áreas de risco apresentam condições socioeconômicas e socioculturais relativamente baixas, sem capacidade de sair da situação de risco. Os indicadores considerados, em especial os indicadores de escolaridade e renda familiar se manifestaram de forma negativa, salientando a carência e necessidade de políticas públicas para essa população.

Perante os ricos observados é de necessidade fundamental a organização dos espaços urbanos bem como o investimento em medidas estruturais e não estruturais a fim de minimizar as diferenças econômicas e sociais nas áreas urbanas. Neste sentido não se pode desvincular o papel do Estado com o papel de aplicar políticas públicas. No que se refere à gestão do solo urbano, cabe ao poder público o controle do planejamento da cidade e do uso da terra, a fim de minimizar os riscos ao meio ambiente, e promover a regularização de áreas ocupadas por populações de baixa renda.

Portanto o cadastro e a análise dos dados socioeconômicos apontados se encontram em um banco de dados eficiente para a aplicação de medidas públicas estruturais no planejamento urbano, bem como na intervenção junto à população para fins de melhoria da qualidade de vida da população menos favorecida nas áreas de riscos a inundação.

REFERÊNCIAS

- BENNETT, Elizabeth L. "Is there a link between wild meat and food security?" *Conservation Biology* 16.3 (2002): 590-592.
- BOTELHO, R. G. M. 1999. "Erosão e conservação dos solos Conceitos, Temas e Aplicações". Rio de Janeiro: Bertrand Brasil.
- BOTELHO, R. G. M. 2011. "Bacias hidrográficas urbanas". Geomorfologia urbana. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil.
- BRASIL. Lei n. 4.771 de 15 de setembro de 1965. "Institui o Código Florestal Brasileiro e dá outras providências". Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil. Disponível em <<http://www.ipef.br/legislacao/codigo.html>>.
- BRASIL. "Ministério da Integração Nacional. Secretaria Nacional de Defesa Civil". 2000. Política Nacional de Defesa Civil. Brasília: SEDEC.
- BRASIL. Ministério das Cidades/ Instituto de Pesquisas Tecnológicas- IPT. 2007 "Mapeamentos de Riscos em Encostas e Margens de Rios. Brasília". Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas- IPT.
- BRASIL. Ministério das Cidades/Instituto de Pesquisas Tecnológicas. 2004. "Mapeamento e Gerenciamento de Áreas de Risco". IPT/CPEPD/UFSC. Brasília: Ministério das Cidades. Página 222. Impresso.
- CAIADO, M. C. S. 2001. "Distribuição espacial da população e estruturação do espaço urbano. Campinas". IFCH/Unicamp, Mimeo.

COELHO, M.C.N. 2001. "Impactos ambientais em áreas urbanas – teorias, conceitos e método de pesquisa". Impactos ambientais urbanos no Brasil. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. Páginas 19-45.

KOBIYAMA, M. et al. 2006. "Prevenção de desastres naturais: conceitos básicos". 1º ed. Curitiba – PR: Editora Organic Trading.

MIOLA, Alessandro Carvalho. Planejamento para comunidades rurais em situações de enchentes. Santa Maria, 2013. Tese de Doutorado – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola - Universidade Federal de Santa Maria, 2013.

NOGUEIRA, F.R. 2002. Políticas públicas municipais para gerenciamento de riscos ambientais associados a escorregamentos em áreas de ocupação subnormal. Rio Claro. 256p. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) – Universidade Estadual Paulista.

PRINA, B. Z. Geotecnologias aplicadas no mapeamento das áreas de inundação do perímetro urbano de Jaguari/RS. Santa Maria, 2015. 128 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia – Universidade Federal de Santa Maria, 2015.

LINKS4GEO: LISTA DE LINKS PARA INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS

Linsks4Geo: List of Links to Geographical Information

Isabela Mello¹, Daniel Allasia², Jean Favaretto³

¹ Colégio Politécnico da UFSM, Universidade Federal de Santa Maria. Prédio 70, Av Roraima nº 100097105-900, Santa Maria – RS, Brasil, isaasmello@hotmail.com

² Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Av Roraima nº 100097105-900, Santa Maria – RS, Brasil, isaasmello@hotmail.com

³ Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Av Roraima nº 100097105-900, Santa Maria – RS, Brasil, jeanfavaretto@gmail.com

RESUMO

Dentre os meios de informação, a internet vem sendo o veículo de difusão consagrada para a aquisição e compartilhamento de metadados, por meio de sites de organizações governamentais, universidades, projetos, institutos pesquisadores, etc. Mas, ainda pouco se conhece sobre a variedade de dados disponíveis na rede mundial de computadores. Neste sentido, o presente estudo tem por objetivo agrupar em uma lista o maior número de dados geográficos, humanos, imagens de satélite, dados climáticos e censitários na esfera mundial, continental, estadual e municipal, gratuitos e pagos. Visando qualificar a busca por dados geográficos e informações geoespaciais, a pesquisa por bancos de dados geográficos partiu de uma visão local de informação e evoluiu gradativamente até que se chegasse a uma escala mundial. O presente estudo possibilitou a construção de uma lista que de forma simples e prática agregou e sintetizou as geoinformações de 700 portais de metadados. Conforme a demanda esta lista poderá sofrer alterações e resultar em novas versões.

Palavras-chaves: Metadados. Informação Geográfica. Lista.

ABSTRACT

Among the media, the Internet is already a broadcast vehicle dedicated to acquiring and sharing metadata through websites of government organizations, universities, projects, research institutes, etc. But little is known about the range of data available on the World Wide Web. This study aims to group in a list the largest number of geographic and human data, satellite images, weather and census data on a world, continental, state and local stage, free and paid. To qualify the search for geographic data and geospatial information, the search for geographic databases came from a local view of information and evolved gradually until it reached a global scale. This study enabled the construction of a list that added and synthesized the geoinformation from 700 metadata portals in a simple and practical way. As demand this list may change and result in new versions.

Keywords: Metadata. Geographical Information. List.

1 INTRODUÇÃO

Hoje, para estudar os fenômenos advindos das relações espaciais entre o homem e a natureza, a geografia ultrapassa a cartografia propriamente dita, fazendo uso de conceitos das ciências físicas e sociais, adota metodologias mais avançadas, como a

análise matemática e estatística e promove a organização de dados obtidos em trabalhos de observação e investigação de campo em modernos sistemas de informação geográfica. (Campello, 2008).

Segundo Magalhães (2005) “as fontes de informação geográfica, tem a função do desenvolvimento de estudos e pesquisas da área, com adoção de novas práticas de obtenção, registro e disseminação de informações, suportes variados, especialmente no que se refere à cartografia”.

Atualmente não se pode pensar em trabalhar com geotecnologias sem antes ter uma boa base de dados. As novas tecnologias da informação, especialmente a Internet, vieram certamente revolucionar a disseminação de informações geográficas, trazendo vantagens indiscutíveis quanto à capacidade de armazenamento de grande volume de registros, facilidade de atualização e de acesso à informação, através dos sites de organizações governamentais, universidades, projetos, institutos pesquisadores, etc. No entanto, as informações nem sempre ficam a disposição do público, seja pela dificuldade de indexação nos buscadores, utilização de palavras chaves não adequadas ou padronizadas, e pela dificuldade de navegação de alguns sites.

Teve-se como objetivo principal, criar uma lista de informações com o intuito de facilitar a busca por dados geográficos e disponibilizar resumidamente, de forma simples e de fácil acesso informações geográficas. Como objetivo principal teve-se a criação de um banco de dados eletrônico de fontes de dados geomáticos que procura dar subsídio para profissionais que fazem o uso da Geoinformação.

3 METODOLOGIA

Para atingir o objetivo proposto, agrupou-se de forma organizada o maior número de fontes e links que continham dados geográficos para download, estes foram categorizados em quatro enfoques: sites que contêm dados mundiais; dados continentais; dados estaduais; dados municipais; e ainda alguns dados climáticos e censitários.

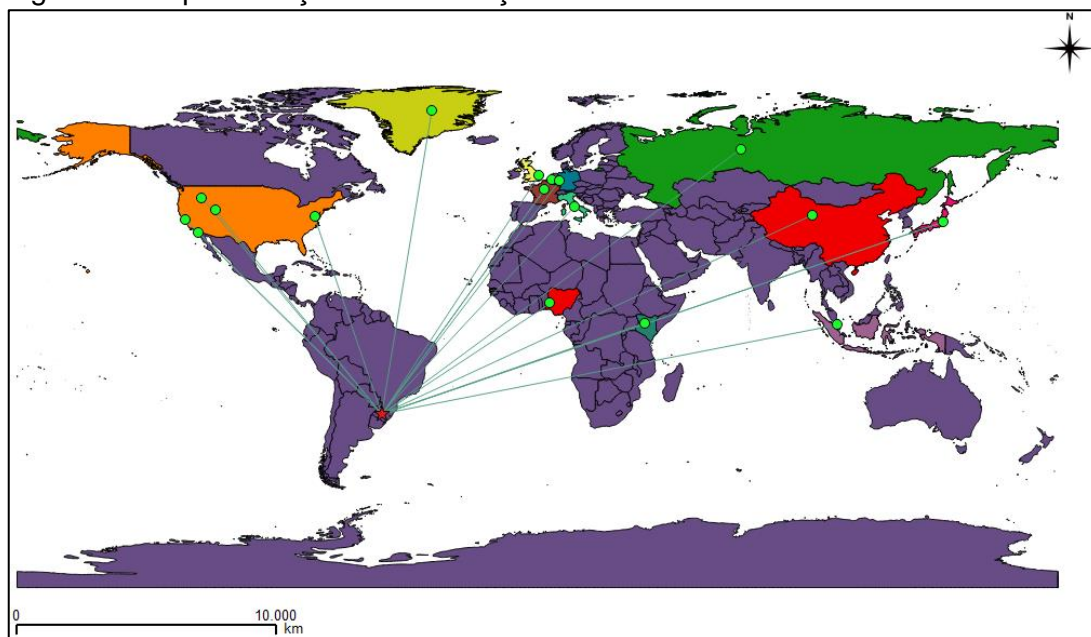
O início do projeto consistiu numa extensa pesquisa na internet para que pudessem ser listados os sites de maior relevância para a aquisição dos dados geográficos. Encontrou-se muitas fontes, então a qualidade do dado também foi levada em conta na hora desse cadastro, a lista conta com alguns atributos principais, estes, serão apresentados como diferencial para o acesso aos dados. Assim, o produto desta pesquisa foi uma lista intitulada de Links4geo, de interpretação simples e prática, podendo ser acessada livremente na Internet.

4 RESULTADOS

Até o momento conseguiu-se agrupar mais de 700 sites com informações geográficas disponíveis para download, nas esferas mundiais, nacionais, estaduais e municipais. Esta sendo feita a triagem dos dados, o download de cada um para certificar a qualidade do dado, a pesquisa das suas informações, como os metadados da informação espacial, extensão, estrutura e geometria do dado), o que vem a ser o diferencial da mesma, será possível pesquisar por dados pelo seu sistema de coordenadas, pela sua extensão e geometria.

Na Figura 1 buscou-se mostrar de onde vêm os principais sites que disponibilizam informações geográficas.

Figura 1 – Espacialização dos endereços eletrônicos



Fonte: adaptado de, www.mapasacademicos.com.br.

Foi levado em conta o modo como seria feito o acesso aos dados, na Figura 2 e 3 pode-se ter uma prévia do layout da lista, onde se faz uma apresentação do site, o que o usuário irá encontrar o tipo e formato do arquivo, o Datum e o sistema de coordenadas em que o dado se encontra o idioma e a organização ou pessoa responsável pela sua criação, e o endereço eletrônico para download.

Figura 2 – Layout da Lista



**LINKS4GEO - BANCO DE DADOS
ELETRÔNICO DE INFORMAÇÕES
GEOGRÁFICAS**

1. DADOS INTERNACIONAIS

→ Hidro SHEDS



• Dados Hidrológicos. A principal fonte de dados de HydroSHEDS é o modelo de elevação digital (DEM) da Missão de Topografia Shuttle Radar.

Endereço: <http://hydrosheds.cr.usgs.gov/index.php>

Formato do arquivo: Shapefile, Imagens.
Tipo do arquivo: Vetor, Raster.
Idioma: Inglês.
Sistema de Referência: WGS 84
Sistema de Projeção: UTM
Responsável: U.S. Geological Survey (USGS).

→ MODIS detecção de incêndios globais



• O programa de mapeamento MODIS Ativo Fogo fornece uma visão geral em tempo real perto geoespacial da atual situação de incêndio florestal em escalas regionais e nacionais.

Endereço: <http://activefiremaps.fs.fed.us/gisdata.php>

Formato do arquivo: KML.
Tipo do arquivo: Imagens raster do sensor MODIS - Terra e Aqua.
Idioma: Inglês.
Responsável: National Aeronautics and Space Administration (NASA).

Fonte: elaborado pela autora.

Figura 3 – Layout da lista.

**LINKS4GEO - BANCO DE DADOS
ELETRÔNICO DE INFORMAÇÕES
GEOGRÁFICAS**

2. DADOS NACIONAIS (BRASILEIROS)

→ Sistema Informatizado de Monitoria de RPPN.



• Reservas Particulares do Patrimônio Natural.

Endereço: <http://sistemas.icmbio.gov.br/simrppn/publico/>

Formato do arquivo: Shapefile.
Tipo do arquivo: Vetor.
Idioma: Português.
Sistema de Referência: SAD 69
Responsável: ICMBio

→ GEO CATALOGO MMA



• O MMA, através do Programa de Regularização Ambiental (instituído pelo Decreto Presidencial 7.830) está desenvolvendo e implementando uma série de estratégias, procedimentos e ações que apoiem a ocupação sustentável das áreas rurais com a valorização do ambiente rural do Brasil.

Endereço: <http://geocatalogo.mma.gov.br/>

Formato do arquivo: Imagens, shapefile, camadas de
Tipo do arquivo: vetor, tiff, raster
Idioma: português.
Sistema de Referência: UTM
Sistema de projeção: WGS 84
Responsável: Ministério do Meio Ambiente

Fonte: elaborado pela autora.

Inicialmente, conta-se com um link de compartilhamento (https://www.dropbox.com/s/budd1zcrnkdpvj/LINKS4GEO_NOVO.docx?dl=0), posteriormente será disponibilizada também em versão on-line em um endereço eletrônico.

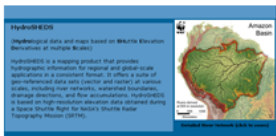
Existem diversos sites com informações geográficas, porém, para a lista contar com um diferencial, foi necessário acessar cada um dos links encontrados para certificar-se da qualidade do dado, se o site ainda funciona, se os dados ainda estão disponíveis, etc. Na esfera mundial existem muitos sites, nas esferas estaduais e municipais ainda existem poucos, que por sua vez são disponibilizados pelas prefeituras e universidade locais.

Pensou-se também na possibilidade de dar apoio a novas pesquisas, com dados talvez não encontrados antes. A maioria dos dados cadastrados podem ser acessados em ambientes SIG's; são dados ambientais, limites urbanos, dados de queimadas, de desmatamento. As aplicações dos SIG's são as mais diversas possíveis, desde a gestão territorial até o mercado imobiliário, passando pela área rural e ambiental. Nas Figuras 4 e 5 é possível ver mais uma vez o layout da lista com um exemplo de dados internacionais e dados nacionais (brasileiros).

Figura 4 – Exemplo de um link da lista.

1. DADOS INTERNACIONAIS

→ Hidro SHEDS



• Dados Hidrológicos. A principal fonte de dados de HydroSHEDS é o modelo de elevação digital (DEM) da Missão de Topografia Shuttle Radar.

Endereço: <http://hvdrosheds.cr.usgs.gov/index.php>


Formato do arquivo: Shapefile.
Tipo do arquivo: Vetor, raster.
Idioma: Inglês.
Sistema de Referência: WGS 84
Sistema de Projeção: UTM
Responsável: U.S. Geological Survey (USGS).

Fonte: elaborado pela autora.

Figura 5 – Exemplo de um link da lista.

2. DADOS NACIONAIS (BRASILEIROS)

→ Sistema Informatizado de Monitoria de RPPN.




• Reservas Particulares do Patrimônio Natural.

Endereço: <http://sistemas.icmbio.gov.br/simrppn/publico/>

Formato do arquivo: Shapefile.
Tipo do arquivo: Vetor.
Idioma: Português.
Sistema de Referência: SAD 69
Responsável: ICMBio

→ FUNAI



• Terras indígenas.

Endereço: <http://www.funai.gov.br/index.php/servicos/geoprocessamento>
Formato do arquivo: Mapas prontos em PDF, Shapefile e KML.
Tipo do arquivo: Vetor, Raster.
Idioma: Português.
Sistema de projeção: SIRGAS 2000
Responsável: FUNAI.

Fonte: elaborado pela autora.

5 CONCLUSÃO

O presente estudo mostrou-se satisfatório e possibilitou a construção de uma lista que de forma simples e prática agregou e sintetizou as geoinformações de 700 portais de metadados. Conforme a demanda esta lista poderá sofrer alterações e resultar em novas versões.

REFERÊNCIAS

CAMPELLO, B.; CALDEIRA, P. da T. **Introdução às fontes de informação**. 2. ed. Belo Horizonte: Autêntica, 2008.

MAGALHÃES, Maria Helena de Andrade. **Fontes informação geográfica**. In: CAMPELLO, Bernadete; CALDEIRA, Paula da Terra. **Introdução às fontes de informação**. Belo Horizonte: Autêntica, 2005.

FUNÇÕES DE PEDOTRANSFERÊNCIA PARA PREDIZER A DENSIDADE DO SOLO NA REGIÃO DA FRONTEIRA OESTE E NO VALE DO JAGUARI - RS

*Pedotransfer functions to predict soil density in the region
Frontier West and Jaguari Valley – RS*

Nádia Mariane Mucha¹, Júlio Cesar Wincher Soares², Claiton Ruviano², Thiago Floriano Cardoso¹, Daniel Nunes Krum¹, Guilherme Fávero Rosado¹, Lenon Vaz¹, Gustavo Lamana¹, Dalvan José Reinert³

¹Graduanda (o) em Agronomia, Laboratório de Solos da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI – Campus Santiago. Avenida Batista Bonoto Sobrinho, Santiago-RS, CEP 97700-000. muchamariane@gmail.com.

²Professor Dr. do Curso de Agronomia. Laboratório de Solos da URI, Campus Santiago. Avenida Bonoto Sobrinho, nº 733, Santiago – RS, CEP 97700-000. juliowincher@gmail.com, ruviaro@urisantiago.br.

³Professor PhD da Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Departamento de Solos. Avenida Roraima 1000, Prédio 42, Santa Maria – RS. dalvan@ufsm.br.

RESUMO

Uma das limitações do Mapeamento Digital dos Solos (MDS) é a descrição da estrutura do solo, sendo que a densidade do solo (DS) é um importante indicador da qualidade dos mesmos. No entanto, a DS é raramente relatada em levantamentos pedológicos. Uma alternativa para obter a DS para regiões de dados escassos, como a Fronteira Oeste e o Vale do Jaguari, é a predição a partir de covariáveis menos dispendiosas que utilizam Funções de Pedotransferência (PTF). Este estudo teve como objetivo avaliar PTF's através de propriedades do solo de fácil mensuração. No levantamento pedométrico foram utilizados 96 pontos de prospecção, de um gride com intervalos regulares de 15 m (camada de 0,0 – 0,20 m). Para esse efeito, comparou-se o desempenho de PTF's com a densidade do solo real (DS_r). A DS_r ajustou-se ao modelo gaussiano, com grau de dependência espacial classificado como moderado. A PTF de Bernoux demonstrou maior proximidade com os valores e com a distribuição espacial da DS_r . Esta PTF se propõe como uma alternativa para a predição da DS.

Palavras-chave: Mapeamento Digital dos Solos. Krigagem ordinária. Estrutura do solo.

ABSTRACT

The limitations of Digital Mapping Soil (MDS) is a description of soil structure, and the bulk density (DS) is an important indicator of soil quality. DS is rarely reported in soil survey. The alternative for DS for data scarce regions, such as West Frontier and the Valley Jaguari is the prediction from covariates using Pedotransfer functions (PTF). This study aims to evaluate PTF's through easily measured soil properties. In survey were used 96 points of prospecting, a grid intervals of 15 m (layer 0.0 to 0.20 m). To this end, it compared the PTF's performance with the actual soil density (DS_r). The gaussian model was adjusted for DS_r , with degree of spatial dependence classified as moderate. The PTF Bernoux demonstrated greater proximity to the values and the spatial distribution of DS_r . And this PTF is proposed an alternative for predicting the DS.

Keywords: Digital Mapping Soil. Ordinary kriging. Soil structure.

1 INTRODUÇÃO

Promover o reconhecimento do espaço físico é um subsídio imprescindível para as ações de planejamento e gestão territorial. Conforme Batjes (1999), dentre os estudos necessários para o desenvolvimento de programas de Gestão Conservacionista da Paisagem, estão a classificação dos solos e a descrição da dinâmica dos estoques de carbono (SOC) num bioma ou região agroecológica.

A ausência de dados legados, a demora e os altos custos do método tradicional de levantamento de solos, demonstram o quanto o Mapeamento Digital de Solos (MDS) pode contribuir para o reconhecimento do espaço físico (McBRATNEY et al., 2003). Porém, a abordagem tradicional e a digital de solos devem ser complementares e necessitam ser desenvolvidas simultaneamente (TEN CATEN, 2011).

O Mapeamento Digital do Solo (MDS) consiste na criação e manipulação de sistemas espaciais de dados e informação pedológicas, por meio de modelos numéricos empregados para o entendimento das variações espaciais e temporais das propriedades e das classes de solo, a partir de observações e conhecimento dos solos e de variáveis ambientais correlacionadas (LAGACHERIE; McBRATNEY, 2007).

Vários modelos quantitativos foram desenvolvidos nos últimos 30 anos para a descrição, classificação e estudo dos padrões de distribuição espacial das classes e das propriedades dos solos de maneira mais objetiva (McBRATNEY et al., 2000).

Dentre as limitações das técnicas de MDS está o estudo da estrutura do solo, sendo que a densidade do solo (DS) é um importante indicador de qualidade estrutural dos solos (PÁDUA et al. 2015). Essa propriedade é fundamental para a realização de inferências sobre a capacidade do solo de reter água, bem como sobre os processos de compactação do solo, e mesmo para a determinação de estoques de carbono no solo. Segundo Benites et al. (2007), são poucos os estudos pedológicos no Brasil que contém dados de DS. Isso ocorre porque, a coleta de amostras com estrutura preservada dificilmente é realizada no campo, uma vez que, trata-se de uma rotina onerosa e demorada (PÁDUA, 2015).

A indisponibilidade de dados de DS levou a busca por técnicas que possibilitem a sua predição, são as chamadas Funções de Pedotransferência (MINASNY; HARTEMINK, 2011). Para o MDS, a utilidade dessas funções é de proverem informações úteis em termos de propriedades e qualidade dos solos, tendo emprego gradativo na predição de variáveis de difícil determinação, a contar com covariáveis obtidas com facilidade (REUTER, 1998; LAGACHERIE; McBRATNEY, 2007; McBRATNEY et al., 2011). Bouma (1989) criou a expressão Função de Pedotransferência (Pedotransfer Function - PTF), com o conceito de “transformando dados que possuímos em dados que precisamos”.

Assim, as PTF's baseadas em propriedades do solo de fácil mensuração, como carbono orgânico, conteúdo de argila, silte e areia, com padrões adequados de acurácia, apresentam potencialidade para substituir a mensuração da DS quando esta não pode ser obtida.

Porém estas PTF's são geradas para dados pontuais, o que demanda a necessidade de dispor continuidade as suas predições para a DS. Desta maneira, é preciso utilizar a geoestatística para estabelecer relação entre as variáveis aleatórias e as variáveis regionalizadas, produzindo funções aleatórias, que serão processadas por algoritmos nos sistemas de informações geográficas (SIG's).

O uso de métodos geoestatísticos permite a avaliação da dependência espacial mediante o estudo de semivariogramas teóricos. O semivariograma é a parte central da geoestatística, capaz de descrever a estrutura da dependência espacial e possibilitar a determinação de preditores geoestatísticos (McBRATNEY; WEBSTER, 1986).

A predição da geoestatística trata de um processo de estimativa de valores de variáveis distribuídas no espaço, a partir de valores adjacentes, enquanto considerados como interdependentes pelo semivariograma (LANDIM, 2006).

Os algoritmos de krigagem tem a capacidade de produzir melhores estimativas em termos de interpolação, porque não ocasionam tendenciosidade ao estimador e

possibilitam a mínima variância das estimativas (MELLO et al., 2003; THOMPSON, 1992; VIEIRA, 2000).

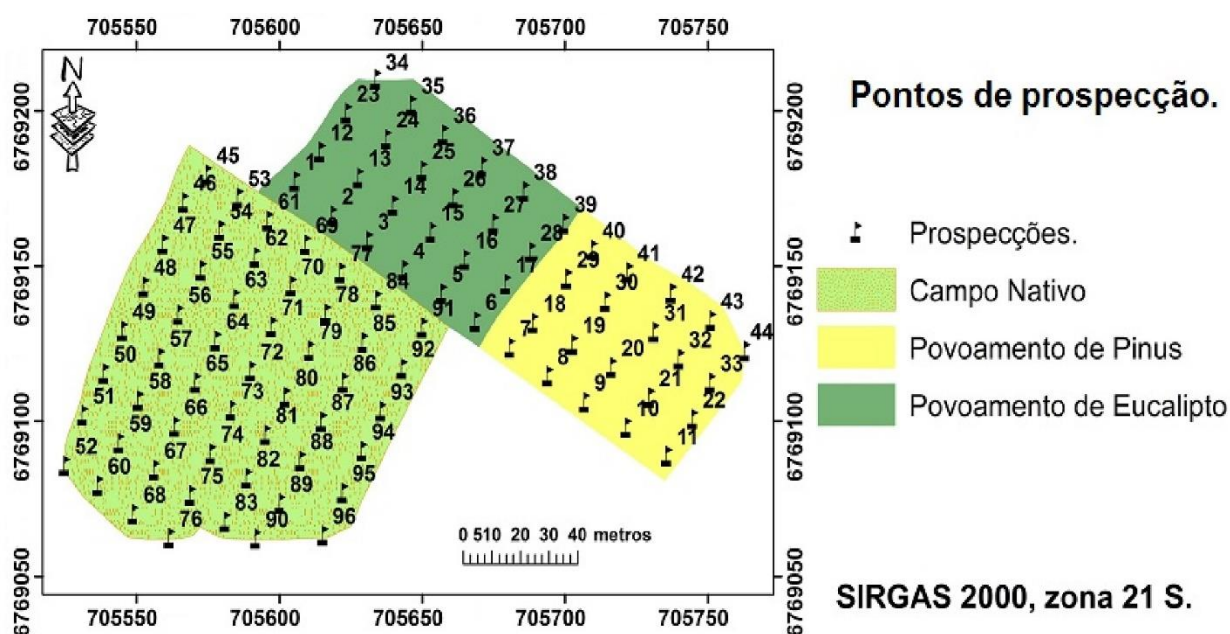
A krigagem ordinária é considerada como o melhor interpolador linear não tendencioso. Esta é linear porque suas estimativas são combinações lineares ponderadas dos dados disponíveis; não é tendenciosa porque busca o valor de erro ou resíduo médio igual a zero; e é melhor porque minimiza a variância dos erros (ISAAKS; SRIVASTAVA, 1989). Dentro da krigagem ordinária existe a interpolação simples ou em blocos, a escolha esta atrelada ao tipo de coleta das amostras de solo. Se a coleta ocorreu de maneira pontual, é utilizado o método pontual, se a amostra for composta será utilizado o método em blocos.

Conforme as premissas supracitadas, o presente trabalho teve por objetivo avaliar diferentes PTF's, aliadas a procedimentos geoestatísticos para prever a DS, nas regiões agroecológicas do Vale do Jaguari e da Fronteira Oeste, no Estado do Rio Grande do Sul.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido na Fazenda Escola da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões (URI), Campus de Santiago, numa área de 2,10 ha, inseridos nas coordenadas centrais UTM 705.589 (m) E e 6.769.112 (m) S (SIRGAS 2000, Fuso 21 S – Meridiano Central -57,00, Meridiano principal Greenwich) (Figura 1).

Figura 1 – Distribuição espacial dos pontos de prospecção num NEOSSOLO REGOLÍTICO Estrófico, sob diferentes fitofisionomias.



Conforme a nova classificação climática do estado do Rio Grande do Sul, a área de estudo encontra-se sob a influência do tipo climático temperado úmido, com uma pluviosidade média anual de 1.534 mm, e temperatura média de 17,9°C (MALUF, 2000).

O município de Santiago está inserido no domínio dos Biomas da Mata Atlântica e do Pampa, na vegetação predomina a estepe gramíneo-lenhosa, correspondente aos campos da região do planalto. Ocorrem também, formações florestais constituídas por Florestas Ombrófilas, Estacionais, e Estacionais Decíduas (IBGE, 2004).

O componente geológico é formado principalmente por rochas sedimentares (arenitos e lutitos) e vulcânicas (basalto e riólito) distribuídas nos compartimentos geomorfológicos do Planalto da Campanha, Planalto das Missões, Planalto das

Araucárias e a Depressão Central (IBGE, 2003). O relevo por sua vez, apresenta formas que vão de suave ondulado a ondulado, com altitude média de 394 metros.

Desta forma, esses componentes da paisagem contribuem para a formação de diferentes classes de solos, em uma escala de desenvolvimento que vai de NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico até LATOSSOLO VERMELHO Distrófico (STRECK et al., 2008).

Foi analisado um polipédon de NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico, sob campo nativo, com mais de três décadas (1,10 ha), um povoamento de Eucalipto (0,55 ha) e um povoamento de Pinus (0,45 ha), ambos com 12 anos de implantação (Figura 1).

Na definição pedométrica foram utilizados 96 pontos de prospecção de uma malha, com intervalos regulares de 15 m, com profundidade de 0,0 – 0,20 m (Figura 1).

Nos pontos de prospecção foram coletadas amostras deformadas e indeformadas de solo. Para a determinação da densidade do solo (DS), da textura e do $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ foram utilizadas as metodologias propostas por Donagema (2011). O teor de carbono orgânico (CO) foi determinado com o método descrito por Raij et al. (2001).

Duas funções foram desenvolvidas para os solos brasileiros, a de Bernoux et al. (1998) e a de Tomasella e Hodnett (1998), essas PTF's forneceram a primeira base matemática para predição da DS, e foram desenvolvidas utilizando dados de solos da Bacia Amazônica. Para o desenvolvimento da PTF de Manrique e Jones (1991) foram utilizados dados de perfis de solos norte-americanos e de outros países da América Central.

Bernoux et al. (1998), utilizaram o procedimento de regressão múltipla com inclusão progressiva de variáveis (forward stepwise), demonstrando que o conteúdo de argila, de areia, de carbono orgânico e pH do solo descrevem 56% da variação da DS. Já Tomasella e Hodnett (1998), ajustaram regressões múltiplas lineares para a predição da DS a partir do conteúdo de carbono orgânico, silte e argila, essas propriedades respondem por 77% da sua variação. Manrique e Jones (1991) estimaram a DS utilizando apenas o conteúdo de carbono orgânico, por ser um modelo simplificado explicou apenas 46% da variação da DS.

Tabela 1 – Função de Pedotransferência (PTS's) utilizadas para a predição da densidade do solo (DS).

Referência	Função	R ²
1	$DS = 1,524 - 0,0046*(\text{argila}\%) - 0,051*(\text{CO}\%) - 0,0045*(\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}) + 0,001*(\text{areia}\%)$	0,53
2	$DS = 1,578 - 0,054*(\text{CO}\%) - 0,006*(\text{silte}\%) - 0,004*(\text{argila}\%)$	0,77
3	$DS = 1,660 - 0,318*(\text{CO})^{1/2}$	0,46

1: Bernoux et al. (1998), 2: Tomasella e Hodnett (1998), 3: Manrique e Jones (1991). Abreviaturas: DS = densidade do solo; CO = carbono orgânico; PTF's = funções de pedotransferência; R² = coeficiente de determinação do modelo de ajuste.

Para aferir a normalidade das covariáveis e das PTF's preditoras, foi testada a distribuição normal dos dados pelo teste de Kolmogorov-Smirnov, ao nível de 5% de significância.

A dependência espacial das variáveis foi avaliada por meio da análise geoestatística. Foram estabelecidos semivariogramas, partindo das pressuposições de estacionalidade da hipótese intrínseca e do cálculo da função semivariância e dos ajustes dos modelos teóricos. O ajuste do semivariograma foi realizado no CR Campeiro, observando o maior valor do coeficiente de determinação (R²) e o menor valor de erro quadrático médio (EQM). A validação foi realizada pelo método de validação cruzada.

Do ajuste de um modelo matemático aos dados, foram definidos os seguintes parâmetros: efeito pepita, patamar e alcance. Posteriormente, o grau de dependência espacial (GDE) foi classificado conforme Cambardella et al. (1994), onde a dependência espacial é fraca, quando a razão do efeito pepita for superior a 75 % do patamar, a dependência espacial moderada, quando a razão do efeito pepita for superior a 25 % e

inferior ou igual a 75 % do patamar e a dependência espacial forte, quando a razão do efeito pepita for inferior ou igual a 25 % do patamar.

No SAGA GIS foram gerados mapas de isolinhas utilizando um algoritmo preditor, a krigagem ordinária pontual, que permitiu o maior detalhamento espacial dos fenômenos estudados.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

As estatísticas descritivas dos dados utilizados para derivar as PTF's foram apresentadas na tabela 2. Das covariáveis avaliadas, apenas a argila (0,06) e o silte (0,22) apresentaram dados com distribuição normal, conforme o teste de Kolmogorov-Smirnov, com grau de confiança de 95% (nível de significância de 5%).

De acordo com os valores do coeficiente de variação (CV), a variabilidade do pH_{H_2O} foi classificada como baixa ($CV < 12\%$), as demais variáveis apresentaram variabilidade classificada como média ($12 < CV < 62\%$), conforme Warrick e Nielsen (1980).

Tabela 2 – Análise descritiva das propriedades do solo e covariáveis ambientais utilizadas para a predição da densidade do solo.

Propriedade	Casos	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão	Variância	CV (%)	K-S	SIG
pH_{H_2O}	96	4,20	5,64	4,93	0,29	0,08	5,88	1,46	0,03
CO (%)	96	1,24	5,19	1,81	0,42	0,17	23,20	1,89	0,00
Argila (%)	96	10,00	50,12	33,85	7,25	52,59	21,42	1,34	0,06
Areia (%)	96	6,10	50,40	12,66	5,11	26,06	40,36	1,57	0,02
Silte	96	20,70	83,90	53,49	6,92	47,90	12,93	1,05	0,22

pH_{H_2O} : pH em água. CO: Carbono orgânico. CV: Coeficiente de variação. K-S: Teste de Kolmogorov-Smirnov. Sig: Significância ($p < 0,05$).

Com base na classificação da dispersão do coeficiente de variação (CV), os valores de densidade do solo (DS) preditos pelas PTF's apresentaram variação baixa ($CV < 12\%$). Já a densidade real (DS_r) variou de 0,97 a 1,55 $g\ cm^{-3}$, com uma média de 1,29 $g\ cm^{-3}$, perfazendo um CV de 9,30 % (Tabela 3), considerado por Warrick e Nielsen (1980) como de baixa dispersão.

O teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov indicou que a distribuição dos dados da DS_r e da predição da DS realizada com a PTF de Bernoux et al. (1998), apresentaram distribuição normal. Os dados de DS preditos pelas PTF's de Tomasella e Hodnett (1998) e, Manrique e Jones (1991) não apresentam distribuição normal (Tabela 3).

Tabela 3 - Análise descritiva da densidade do solo real e predita por diferentes funções de pedotransferência.

Propriedade	Casos	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão	Variância	CV (%)	K-S	SIG
DS_r ($g\ cm^{-3}$)	96	0,97	1,55	1,29	0,12	0,02	9,30	0,43	0,99
DS_1 ($g\ cm^{-3}$)	96	1,11	1,39	1,27	0,04	0,00	3,14	1,25	0,09
DS_2 ($g\ cm^{-3}$)	96	0,83	1,24	1,02	0,04	0,00	3,92	1,58	0,01
DS_3 ($g\ cm^{-3}$)	96	2,01	2,38	2,09	0,04	0,00	1,91	1,68	0,00

DS_r : Densidade do solo real. DS_1 : Densidade do solo predita pela função de Bernoux et al. (1998). DS_2 : Densidade do solo predita pela função de Tomasella e Hodnett (1998). DS_3 : Densidade do solo predita pela função de Manrique e Jones (1991). CV: Coeficiente de variação. K-S: Teste de Kolmogorov-Smirnov. Sig: Significância ($p < 0,05$).

Os valores preditos da DS obtiveram semivariogramas ajustados a modelos teóricos (Tabela 4). A partir dos semivariogramas é possível definir um modelo espacial

que melhor descreva o comportamento de um dado no espaço (JOURNEL e HUIJBREGTS, 1978).

Tabela 4 - Parâmetros dos modelos de semivariogramas ajustados para a densidade real do solo (DS_r) e para os valores preditos de densidade do solo por diferentes PTF's.

Densidade do Solo	Modelo	Alcance	Patamar	Pepita	R^2	EQM	Dependência	GDE (%)
DS_r (g cm ⁻³)	Gaussiano	200	0,0200	0,0101	1,00	0,0112	Moderada	59,19
DS_1 (g cm ⁻³)	Exponencial	200	0,0005	0,0003	0,95	0,0004	Moderada	66,69
DS_2 (g cm ⁻³)	Exponencial	200	0,0011	0,0008	0,97	0,0004	Moderada	67,14
DS_3 (g cm ⁻³)	Esférico	200	0,0017	0,0011	0,99	0,0015	Moderada	64,59

DS_r : Densidade do solo real. DS_1 : Densidade do solo predita pela função de Bernoux et al. (1998). DS_2 : Densidade do solo predita pela função de Tomasella e Hodnett (1998). DS_3 : Densidade do solo predita pela função de Manrique e Jones (1991). R^2 : Coeficiente de determinação do modelo. EQM: Erro quadrático médio. GDE: Grau de dependência espacial.

A DS_r apresentou ajuste ao modelo gaussiano, corroborando com Carvalho et al. (2011), com coeficiente de determinação (R^2) de 1,00 e com erro quadrático médio (EQM) de 0,0112. Os valores da DS para as PTF's de Bernoux et al. (1998) e Tomasella e Hodnett (1998), demonstraram ajuste ao modelo exponencial, com R^2 de 0,95 e EQM de 0,0004, R^2 de 0,97 e EQM de 0,0004, respectivamente. Por sua vez a PTF de Manrique e Jones (1991) obteve ajuste conforme o modelo esférico, com R^2 de 0,99 e EQM de 0,0015, como representado na (Tabela 4).

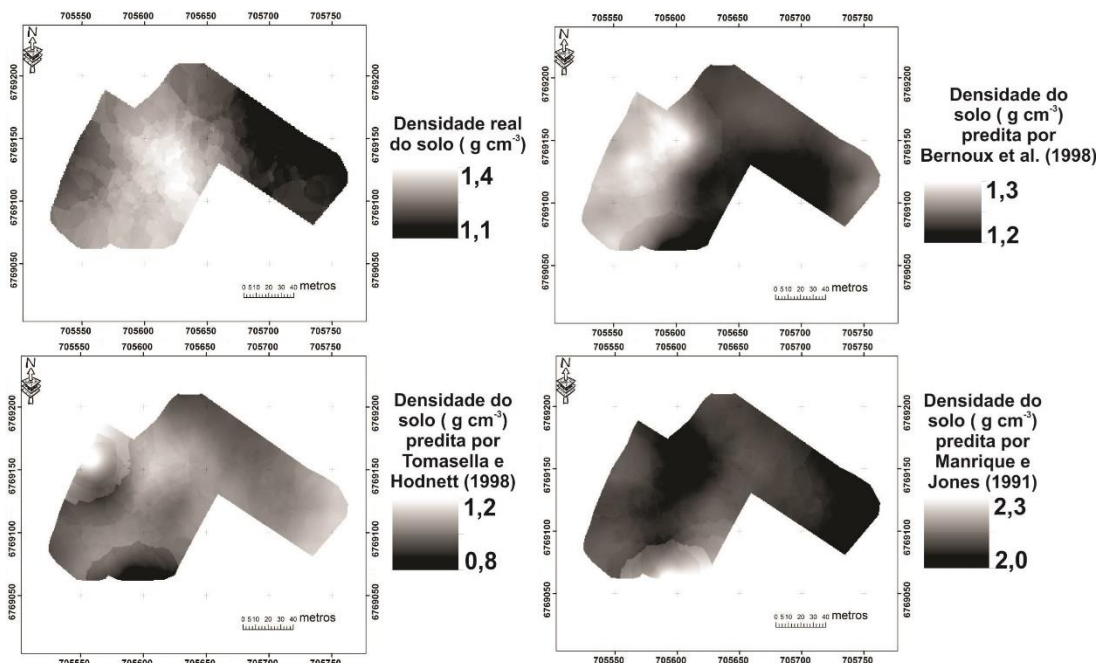
Quanto maior a dependência espacial da variável, melhor estrutura espacial e maior precisão podem ser obtidas na estimativa em locais não amostrados, por intermédio das técnicas geoestatísticas (KRAVCHENKO et al., 2006; LIMA et al., 2010). Os valores da DS apresentaram grau de dependência espacial moderada ($25\% \leq GDE < 75\%$) (Tabela 4), conforme a classificação de Cambardella et al. (1994).

Na DS predita pela função de Bernoux et al. (1998), o valor do efeito pepita foi de 0,0003, e do patamar de 0,0005 (Tabela 4). Sendo que, quanto menor a proporção do efeito pepita em relação ao patamar do semivariograma, maior será a dependência espacial apresentada pelo atributo (LIMA et al., 2006). Com isso, maior será a continuidade espacial do fenômeno, menor a variância da estimativa e maior a confiança no valor estimado (LIMA, 2010).

O semivariograma da DS atinge o patamar com alcance de 200 m (Tabela 4), sendo que para Corá e Beraldo (2006) altos valores de alcance promovem maior qualidade nas estimativas realizadas.

Conforme a figura 2, que apresenta a distribuição espacial da DS_r e de DS's preditas por diferentes PTF's, a PTF de Bernoux et al. (1998) apresentou maior proximidade com os valores e com a distribuição espacial da DS_r . Pode-se inferir que a PTF de Tomasella e Hodnett (1998) não efetuou predições confiáveis, superestimando os valores da DS, comprometendo assim, a sua distribuição espacial (Figura 2). A explicação para este efeito pode estar associada ao elevado teor de silte do solo (Tabela 2). Já a PTF de Manrique e Jones (1991) subestimou os valores da DS (Figura 2), comprometendo também, a distribuição espacial do fenômeno. A performance dessa PTF pode ter sido comprometida em função dos baixos teores de CO no solo (Tabela 2).

Figura 2 – Mapas da distribuição espacial da densidade real do solo e dos valores preditos da densidade do solo por diferentes PTF's.



Datum horizontal: SIRGAS 2000. Projeção UTM. Zona 21 S

Por haver muitas funções que podem prever a propriedade DS, é mais prudente escolher a PTF que tenha o menor erro e que também se ajuste ao ambiente pedológico e ao tipo de solo (MINASNY et al., 2003).

Este estudo abre novos caminhos para as pesquisas relacionadas à predição da densidade do solo, principalmente, em relação à avaliação dos erros envolvidos nesta rotina.

Para trabalhos futuros, sugerimos o cálculo da acurácia das predições, utilizando vários pixels do plano digital da DS_r e da DS predita por PTF, a avaliação pode se dar com a observação do coeficiente de determinação (R^2) e do menor valor de erro quadrático médio (EQM). Também, pode-se testar o desempenho das PTF's utilizando o critérios de informação de Akaike (AIC), Akaike Corrigido (AICc) e Bayesiano (BIC).

4 CONCLUSÕES

As predições da DS efetuadas pelas PTF's de Bernoux et al. (1998) e Tomasella e Hodnett (1998), ajustaram-se ao modelo exponencial. A DS_r se ajustou ao modelo gaussiano e, a PTF de Manrique e Jones (1991) ao modelo esférico. Tanto a DS_r, como os valores de DS preditos por diferentes PTF's apresentaram dependência espacial moderada.

O interpolador geoestatístico de krigagem ordinária propiciou continuidade aos dados medidos e preditos de DS, e essa continuidade foi obtida com elevada acurácia.

A PTF de Bernoux et al. (1998) apresentou maior proximidade com os valores e com a distribuição espacial da DS_r. Esta se propõe como uma alternativa para prever a densidade de solos pouco desenvolvidos de áreas com deficiência de dados pedológicos, principalmente, na Fronteira Oeste do Estado do Rio Grande do Sul e no Vale do Jaguari.

REFERÊNCIAS

BATJES, N. H. Management options for reducing CO₂ concentrations in the atmosphere by increasing carbon sequestration in the soil. Bilthoven: Dutch National

Research Programme on Global Air Pollution and Climate Change, NRP Report, 1999.
(Nota Técnica, nº410-200-03130)

BENITES, V. M.; MACHADO, P. L. O. A.; FIDALGO, E. C. C.; COELHO, M. R.; MADARI, B. E. **Pedotransfer functions for estimating soil bulk density from existing soil survey reports in Brazil.** *Geoderma*, Amsterdam, v.139, p.90-97, 2007.

BERNOUX, M.; ARROUAYS, D.; CERRI, C.; VOLKOFF, B.; JOLIVET, C. **Bulk densities of Brazilian Amazon soils related to other soil properties.** *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v. 62, n. 3, p.743-749, 1998.

BOUMA, J. **Using soil survey data for quantitative land evaluation.** *Advances in Soil Science*, New York, v. 9, p.177-213, 1989.

CAMBARDELLA, C. A.; MOORMAN, T. B.; NOVAK, J. M.; PARKIN, T. B.; KARLEN, D. L.; TURCO, R. F.; KONOPKA, A. E. **Field-scale variability of soil properties in Central Iowa soils.** *Soil Science Society America Journal*, v.58, p.1501-1511, 1994.

CARVALHO, L. A. de; MEURER, I.; JUNIOR, C. A. da S. CAVALIERI, K. M. V.; SANTOS, C. F. B. **Dependência espacial dos atributos físicos de três classes de solos cultivados com cana-de-açúcar sob colheita mecanizada.** *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.15. n.9, p.940-949, 2011.

CORÁ, J. E.; BERALDO, J. M. G. **Variabilidade espacial de atributos do solo antes e após calagem e fosfatagem em doses variadas na cultura de cana-de-açúcar.** *Engenharia Agrícola*, v.26, n.2, p.374-387. 2006.

DONAGEMA, G. K.; CAMPOS, D. V. B. de; CALDERANO, S. B.; TEIXEIRA, W. G.; VIANA, J. H. M. **Manual de métodos de análise de solos.** 2.ed. rev. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, p.230, 2011. (Embrapa Solos. Documentos, 132).

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Mapa de biomas do Brasil: primeira aproximação.** Escala 1:5.000.000. Rio de Janeiro: IBGE, 2004.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Mapas temáticos do Projeto RADAMBRASIL do Rio Grande do Sul na escala 1:250.000.** IBGE/SAA – RS. Florianópolis, 2003. CD – ROM.

ISAACS, E. H.; SRIVASTAVA, R. M. **An introduction to applied geoestistics.** Oxford University Press, New York, p.278,1989.

JOURNEL, A. G.; HUIJBREGTS, C. J. **Mining geostatistics.** Academic Press, London, p.600, 1978.

KRAVCHENKO, A. N.; ROBERTSON, G. P.; SNAP, S. S.; SMUCKER, A. J. M. **Using information about spatial variability to improve estimates of total soil carbon.** *Agronomy Journal*, v.98, p.823-829, 2006.

LAGACHERIE, P.; McBRATNEY, A. B. **Spatial soil information systems and spatial soil inferencesystems:** perspectives for digital soil mapping. In: LAGACHERIE, P.; McBRATNEY, A. B.; VOLTZ, M. eds. **Digital soil mapping-an introductory perspective.** *Elsevier Science*, Amsterdam, p.3-22, 2007.

LANDIM, P. M. B. **Sobre Geoestatística e mapas.** *Terra e Didática*, Campinas, v.2, n.1, p.19-33, 2006.

LIMA, J. S. S. et al. **Estudo da viabilidade de métodos geoestatísticos na mensuração da variabilidade espacial da dureza da madeira de Paraju (*Manilkara* sp.).** *Revista Árvore*, Viçosa, v.30, n.4, p.651-657, 2006.

LIMA, J. S. S.; SOUZA, G. S.; SILVA, S. A. **Amostragem e variabilidade espacial de atributos químicos do solo em área de vegetação natural em regeneração.** *Revista Árvore*, Viçosa, v.34, n.1, p.127-136, 2010.

MALUF, J. R. T. **Nova classificação climática do Estado do Rio Grande do Sul.** *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v.8, n.1, p.141-150, 2000. ISSN 0104-1347.

MANRIQUE, L. A.; JONES, C. A. **Bulk-densidade de solos em relação às propriedades físicas e químicas do solo.** *Soil Science Society of America*, v.55, p.476-481, 1991.

McBRATNEY, A. B. et al. **An overview of pedometric techniques for use in soil survey.** *Geoderma*, Amsterdam, v.97, p.293-327, 2000.

McBRATNEY, A. B.; MENDONÇA-SANTOS, M. L.; MINASNY, B. **On digital soil mapping.** *Geoderma*, Amsterdam, v.117, p.3-52, 2003.

McBRATNEY, A. G.; WEBSTER, A. G. **Choosing functions for semi-variograms and fitting them to sampling estimates.** *Journal of Soil Science*, v.37, p.617-39, 1986.

McBRATNEY, A. B.; MINASNY, B.; TRANTER, G. **Necessary meta-data for pedotransfer functions.** *Geoderma*, Amsterdam, v.160, p.627-629, 2011.

MELLO, C. R.; LIMA, J. M.; SILVA, A. M.; MELLO, J. M.; OLIVEIRA, M. S. **Krigagem e inverso do quadrado da distância para interpolação dos parâmetros da equação de chuvas intensas.** *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.27, n.3, p.925-933, 2003.

MINASNY, B.; HARTEMINK, A. E. **Predicting soil properties in the tropics.** *Earth-Science Reviews*, v.106, p.52-62, 2011.

MINASNY, B.; McBRATNEY, A. E.; MENDONÇA-SANTOS, M. de L.; SANTOS, H. G. dos. **Revisão sobre funções de pedotransferência (PTF's) e novos métodos de predição de classes e atributos do Solo.** Embrapa Solos, Rio de Janeiro, n.45, 2003.

PÁDUA, E. J.; GUERRA, A. R.; ZINN, Y. L. **Física do solo Modelagem da Densidade do Solo em Profundidade sob Vegetação Nativa em Minas Gerais.** *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.39, n.3, p.725-736, 2015.

RAIJ, B. van; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. **Determinação da Matéria Orgânica.** In: RAIJ, B. van; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A., eds. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais.** Instituto Agrônomo de Campinas, Campinas, p.189-199, 2001.

REUTER, D. J. **Developing indicators for monitoring catchment health: the challenges.** *Australian Journal Experimental Agriculture*, East Melbourne, Australia, v.38, p.637-648, 1998.

STRECK, E. V. et al. **Solos do Rio Grande do Sul.** 2.ed. EMATER/RS-ASCAR, Porto Alegre, 2008. 222p.

TEN CATEN, A. **Mapeamento digital de solos: metodologias para atender a demanda por informação espacial em solos.** 2011. 108 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011.

THOMPSON, S. K. **Sampling.** Wiley-Interscience Publication, New York, p.343, 1992.

TOMASELLA, J.; HODNETT, M. G. **Estimating soil water characteristics from limited data in Brazilian Amazonia.** *Soil Science*, Baltimore, MD, v.163, p.190-202, 1998.

VIEIRA, S. R. **Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo.** In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V. V. H.; SCHAEFER, C. E. G. R., eds. **Tópicos em ciência do solo.** *Sociedade Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, p.1-54, 2000.

WARRICK, A. W.; NIELSEN, D. R. **Spatial variability of soil physical properties in the field.** In: HILLEL, D. (ed.) **Applications of soil physics.** Academic Press, New York, 1980.

VARIABILIDADE ESPACIAL DA QUALIDADE DE PLANTIO EM UMA ÁREA COMERCIAL DE *EUCALYPTUS* SP NO RIO GRANDE DO SUL

*Space variability of the planting quality in a commercial area of
eucalyptus sp. in Rio Grande do Sul*

Rafael Marques Nascimento¹, Lucio de Paula Amaral², Cássio Thomas da Silveira³

¹PPGAP, Mestrado Profissional em Agricultura, General marques, 97300-000, São Gabriel– RS, Brasil, rafiusqnascimento@hotmail.com

²DER, CCR/ PPGAP – Colégio Politécnico, UFSM, Campus Sede - Prédio 44J - 2º piso, CEP, Santa Maria - RS, Brasil, amaralufsm@gmail.com

³PPGAP, Mestrado Profissional em Agricultura, Simplicio Jacques, 97541-480, Alegrete – RS, Brasil, eng.flor.cassio@gmail.com

RESUMO

Os avanços na área das geotecnologias vêm apresentando mudanças expressivas na gestão de informações para as tomadas de decisões no gerenciamento das atividades florestais. O instrumental tecnológico disponível vem estimulando o desenvolvimento do manejo florestal de sítio específico também conhecido como silvicultura de precisão (SP). A geração de mapas através do uso das geotecnologias, juntamente com o auxílio de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e processamento de dados, determinam-se as características de cada zona em um povoamento florestal. O presente trabalho teve por objetivo levantar as características qualitativas das atividades silviculturais de plantio de um povoamento florestal de *Eucalyptus* sp com aproximadamente 100 dias. Os dados obtidos foram utilizados para gerar mapas temáticos, através da interpolação pelo método do inverso da distância ponderada (IDW), utilizando o ArcMap 10.1. Assim, foi representada a variabilidade espacial do número de falhas (covas sem plantio), número de indivíduos atacados por formigas cortadeiras, número de indivíduos mortos e número de indivíduos quebrados. Observou-se que todos os talhões apresentaram no mínimo um dos problemas qualitativos levantados referentes ao plantio da floresta.

Palavras-chave: Floresta de Precisão. Silvicultura de Precisão. Geotecnologias.

ABSTRACT

The advances in geotechnology field have shown significant changes in the information management for decision making in the management of forestry activities. The available technological instrumental has encouraged the development of specific forest management known as precision forestry (PF). Maps generation obtained through geotechnology, combined with Geographical Information Systems (GIS) and data processing, have determined the characteristics of each area in a forest stand. This study aimed to raise the silvicultural planting activities qualitative characteristics of a stand forest *Eucalyptus* sp. with approximately 100 days. The obtained data were used to generate thematic maps through interpolation by the inverse distance weighted method (IDW) using ArcMap 10.1. Thus, the space variability of the number of failures was represented (Without planting pits), number of individuals attacked by cutting ants, number of individuals killed and number of broken individuals. It was noticed that all plots have showed at least one of the raised qualitative issues concerning the forest planting.

Keywords: Accuracy Forest. Accuracy Agriculture. Geotechnology.

1 INTRODUÇÃO

O tema abordado neste trabalho é o levantamento das variáveis que podem afetar a qualidade de um determinado povoamento florestal, com finalidade de saber no início

do ciclo da floresta se o número de indivíduos a cada unidade amostral (UA) está conforme o recomendado (40 indivíduos a cada UA DE 300m²). Esse estudo é de grande importância para que ocorram intervenções no plantio a tempo de dar condições para que as mudas do replantio possam acompanhar as mudas já plantadas. Para o desenvolvimento da Silvicultura de Precisão ou Floresta de Precisão existem importantes fontes para coletar dados, que possam ser utilizados para descrever a variabilidade espacial dos atributos e/ou a variabilidade espacial de uma floresta plantada, que são os dados do inventário florestal de unidades amostrais georreferenciadas, mapas temáticos dos atributos químicos e físicos do solo (MAEDA et. al 2014), dentre outros.

O desenvolvimento de mapas temáticos na Silvicultura de Precisão e/ou na Agricultura de Precisão, diversas vezes depende da interpolação para serem gerados. De acordo com Miranda (2015), interpolação nada mais é do que o processo de estimar valores em pontos não amostrados, a partir de dados de atributos de um campo contínuo, no tempo ou espaço, observados ou mensurados pontualmente a campo. Para Molin (2015) a interpolação de dados parte do princípio de que pontos próximos terão uma maior probabilidade de serem mais semelhantes do que os dados mais afastados – Primeira Lei de Tobler (LONGLEY et al., 2013). A interpolação é realizada basicamente em duas etapas, a primeira parte da definição de um relacionamento entre pontos vizinhos, ou seja, identificar quais são os pontos ideais para estimar as unidades não amostradas (pontos), e a segunda, é definida por um modelo matemático que estima os valores desconhecidos (interpolação).

2 MATERIAL E MÉTODOS

A área estudada representa aproximadamente 10% de uma fazenda florestal, localizada no município de Butiá, na Região Carbonífera do Estado do Rio Grande do Sul, Figura 1. A mesma encontra-se no entorno das coordenadas geográficas 30° 05' 44" de latitude Sul e 51° 53' 00" de longitude Oeste, com altitude média de 104 m.

Figura 1 – Localização do Município de Butiá, no qual se localiza a área de estudo.



Fonte: Adaptado de Abreu (2006)

Quando foi realizado o levantamento a campo, o povoamento florestal possuía aproximadamente 100 dias de plantio. Foram instaladas 36 unidades amostrais, com distribuição aleatória, a cada 4,3 ha⁻¹. Em função da grande quantidade de áreas de preservação permanente (APP), irregularidades na área de estudo, vias de acesso, dentro outros aspectos, formou-se uma malha amostral irregular. O número de UA's por talhão foi estipulado de acordo com suas respectivas áreas, e a alocação de cada uma foi feita por caminhamento na parte interna dos talhões. A partir de um ponto central de cada unidade amostral circular foram delimitadas as extremidades através de um raio de

9,77m na parte interna das mesmas. Quanto ao número de indivíduos, o preconizado é de se ter 40 indivíduos por UA, totalizando 1333 indivíduos ha⁻¹. Foi admissível um erro de 5%, assim, o número de indivíduos pode oscilar entre de 38 e 42 por unidade amostral, sendo equivalente aos limites de 1266 a 1399 indivíduos por hectare.

Os levantamentos foram realizados em 3 etapas, cada uma com implantação e mensuração de 12 UA's cada. Para demarcar as extremidades das linhas utilizou-se uma trena de 50m e um piquete no centro da parcela. O mesmo foi georeferenciado com um receptor GPS de navegação, com uso de coordenadas projetadas do tipo Universal Transversa de Mercator – UTM, tendo como referência espacial o sistema geodésico WGS84. As coordenadas dos pontos foram inseridas em uma planilha de campo, junto aos dados coletados de cada unidade amostral.

Os dados levantados a campo foram passados para planilhas eletrônicas com auxílio do programa Excel. No mesmo foi realizada análise estatística descritiva dos dados levantados a campo, posteriormente exportados para o sistema de informações geográficas (SIG) ArcMap 10.1, convertida em *shapefile*, para posterior interpolação dos dados por ponderação pelo inverso da distância (IDW), com propósito de gerar mapas temáticos representando o número de falhas, número de indivíduos atacados por formigas cortadeiras, número de indivíduos mortos e número de indivíduos quebrados.

3 RESULTADOS

Na tabela 1 pode-se observar que todos os talhões apresentaram problemas relacionados a qualidade do povoamento. O talhão 63A apresentou todos os problemas analisados. Os talhões 64B e 64C apresentaram três dos problemas analisados, o talhão 60A apresentou falhas de plantio e indivíduos quebrados, os talhões 61A, 65B, 56A e 51B que representam 55,4% da área, apresentaram apenas características qualitativas negativas relacionadas a falha, que foi um problema presente em todos os talhões inventariados.

Tabela 1: Média do levantamento qualitativo de falhas de plantio, ataque de formiga cortadeira, ocorrência de mortalidade e de mudas quebradas em cada talhão

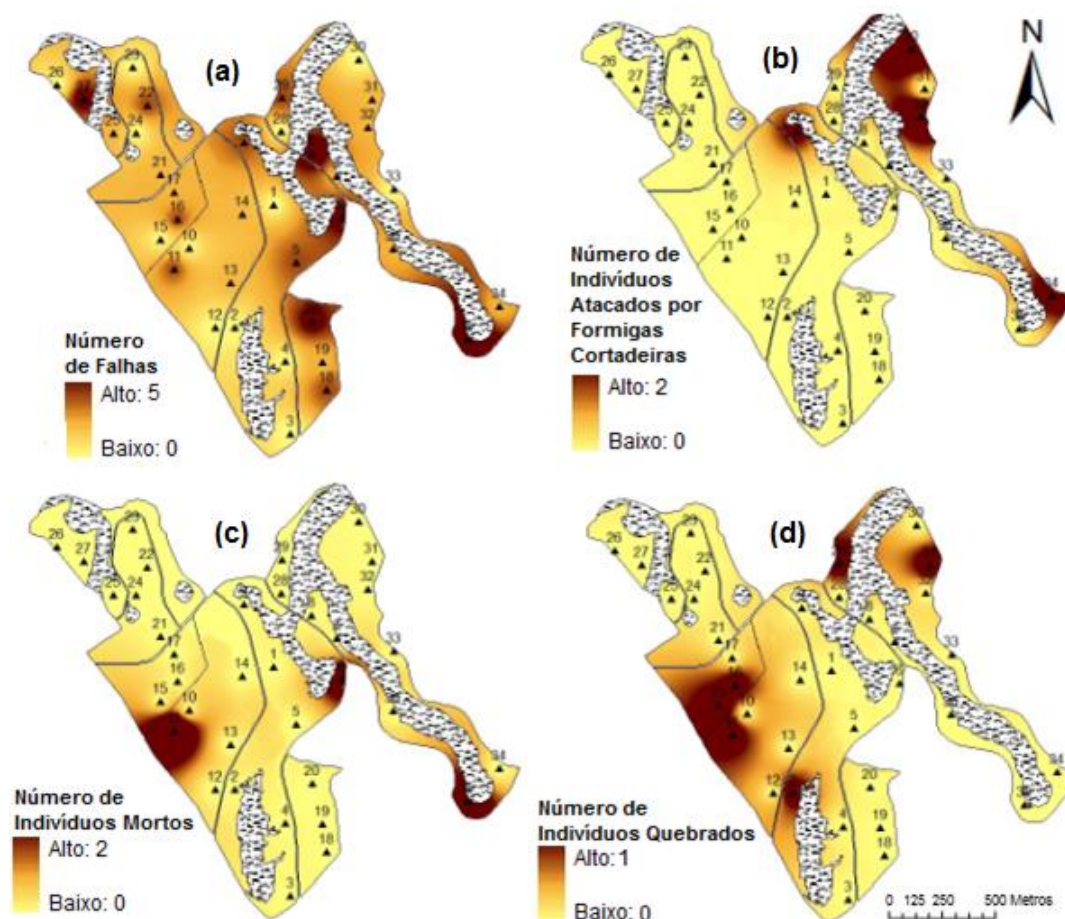
Talhão	ÁREA (ha)	FALHA	FORMIGA	MORTA	QUEBRADA	Nº DE AMOSTRAS
63A	30	1,3	0,11	0,11	0,1	9
61A	29	1	0	0	0	5
60A	11,6	1	0	0	0,7	3
65B	29,3	2	0	0	0	3
56A	13,5	0,8	0	0	0	4
51B	13,6	1,3	0	0	0	3
64B	16	0,7	0,7	0	0,3	6
64C	11,2	2,3	0,3	0,3	0	3
Total	154,2	10,4	1,11	0,41	1,1	36
MÉDIA GERAL		1,3	0,1	0,1	0,1	4,3
DP (%)		1,26	0,51	0,4	0,38	

Legenda: FALHA = média do número de falhas; FORMIGA = média do número de indivíduos atacados por formigas cortadeiras; M = média do número de indivíduos mortos; QUEB = média do número de indivíduos quebrados; Nº DE AMOSTRAS = número de amostras, DP(%) = desvio padrão.

Na figura 2a está representado visualmente a incidência de falhas de plantio em todos os talhões, além de ser o problema mais abrangente também foi o que ocorreu em maior escala por talhão, chegando a cinco falhas em três unidades amostrais. A figura 2b ilustra a ocorrência de indivíduos atacados por formigas cortadeiras, evento que ocorreu

em pontos concentrados próximos as APP's. O número de indivíduos mortos representados na figura 2c ocorreram em apenas três unidades amostrais. Já o número de indivíduos quebrados, apesar de uma pequena incidência, foi encontrado em cinco unidades amostrais.

Figura 2 – Variabilidade espacial das variáveis de falhas de plantio, ataque de formiga cortadeira, ocorrência de mortalidade e de mudas quebradas em cada talhão



Fonte: autor, 2016

4 CONCLUSÕES

A partir dos mapas obtidos conclui-se que a falha de plantio foi a característica comum em todos os talhões, com maior incidência, sendo o problema de plantio mais expressivo. As unidades amostrais 1, 3, 4, 10, 12, 23, 26 e 33 não apresentaram nenhum problema quanto a qualidade das atividades silviculturais de plantio. Porém, as mesmas representam uma pequena fração da floresta em estudo, 22,2%.

REFERÊNCIAS

Abreu, R. L. **Ficheiro:** RioGrandedoSulMunicipButia.svg. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:RioGrandedoSul_Municip_Butia.svg>. Acessado em: 27 de out. 2016.

LONGLEY, P. A.; GOODCHILD, M. F.; MAGUIRE, D. J.; RHIND, D. W. **Sistemas da ciência da informação geográfica**. 3 ed. – Porto Alegre: Bookman, 2013. 540 p.

MAEDA, S.; AHRENS, S.; CHIARELLO, S. R.; OLIVEIRA, E. B.; STOLLE, L.; FOWLER, J. A. P.; BOGNOLA, I. A. Resultados de um novo olhar: Silvicultura de precisão. **Embrapa**, Brasília-DF, 2014. 1. ed. n. 47 p. 467- 477.

MIRANDA, J. I. **Fundamentos de sistemas de informações geográficas**. 4. ed. rev. e atual – Brasília, DF: Embrapa, 2015, 399 p.

MOLIN, J. P.; AMARAL, L. R.; COLAÇO, A. F. **Agricultura de precisão**. São Paulo: Oficina de textos. 1 ed. 2015. 238p.

DETERMINAÇÃO DE PADRÕES ESPACIAIS DE HOMICÍDIOS EM RELAÇÃO ÀS VIAS URBANAS: ESTUDO DE CASO EM SANTA MARIA, RS

*Verification of spatial patterns of homicides in relation to urban
networked traffic system: Case study in Santa Maria, RS*

**Eliziéle Paroli¹, Lúcio de Paula Amaral², Amanda Suarez Bittencourt³, Victória
Lixinski⁴, Pâmela Pithan⁵**

¹Universidade Federal de Santa Maria – Campus CS, Rua Ernesto Barros 1345, 96506-322,
Cachoeira do Sul – RS, Brasil, eparoli00@gmail.com

²Universidade Federal de Santa Maria – DER/CCR; PPGAP/Colégio Politécnico, Av. Roraima nº
1000, 97105-900, Santa Maria – RS, Brasil, amaralufsm@gmail.com

³Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima nº 1000, 97105-900, Santa Maria – RS, Brasil,
amandasuarez00@gmail.com

⁴Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima nº 1000, 97105-900, Santa Maria – RS, Brasil,
lixinski.v@gmail.com

⁵Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima nº 1000, 97105-900, Santa Maria – RS, Brasil,
Pamelapithann@gmail.com

RESUMO

Neste artigo será apresentada uma metodologia desenvolvida em um ambiente de Sistema de Informação Geográfica para determinar possíveis padrões espaciais de homicídios sobre o sistema viário municipal. O período analisado foi o ano de 2015, onde Santa Maria – RS atingiu um número recorde de casos de homicídios, chegando a registrar 56 casos, reflexo do aumento alarmante da criminalidade. Para realizar o estudo foram coletados dados referentes às ocorrências de homicídios registrados pelo jornal local “Diário de Santa Maria”. Esses dados foram utilizados para fazer a análise espacial dos casos ocorridos sobre as zonas de influência das vias públicas da cidade, determinadas a partir de faixas de distância euclidiana. O objetivo do trabalho foi iniciar uma discussão sobre as influências de elementos urbanos sobre fenômenos sociais, que nesse caso foram representados pelo sistema viário do município e as ocorrências de homicídios no período considerado.

Palavras-chave: Sistemas de Informações Geográficas. Criminalidade. Análise espacial.

ABSTRACT

This paper will present a methodology developed in a GIS environment with the goal to determine possible spatial patterns of homicide over the urban networked traffic system. The period under study was the year of 2015, which Santa Maria – RS reached a record number of homicides, with 56 cases, reflection of the alarming increase of the criminality. We collected homicide data from the local newspaper “Diário de Santa Maria”. We used the information to perform spatial analysis of the cases under influence zones of the urban roads, determined by Euclidian distance sections. This paper aims to present a discussion about the influence of urban elements on social phenomenon, in this case represented by the urban networked traffic system and the homicides in the period.

Keywords: Geographic Information Systems. Criminality. Spatial analysis.

1 INTRODUÇÃO

O ano de 2015 representou um retrocesso no combate à violência no estado do Rio Grande do Sul. No período, as ocorrências de homicídios aumentaram 3,5% no estado, sendo que dos 11 maiores estados do país, apenas Rio Grande do Sul e Pernambuco apresentaram crescimento deste fenômeno (ZERO HORA, 2016). Santa Maria atingiu em 2015 um número recorde de casos de homicídios, chegando a registrar 56 casos no período.

Ações criminais fazem parte da trajetória da sociedade, porém há atualmente uma complexidade maior no entendimento da sua dinâmica, uma vez que a chamada violência urbana é fruto de uma gama muito grande de fatores (FERREIRA e PENNA, 2005). A denominação do fenômeno como “violência urbana” por si só já é capaz de abrigar diferentes interpretações. Oliveira (2004) sugere que o ambiente urbano deixou de ser apenas um cenário de ocorrências criminais, sendo agora a causa de condutas violentas. Felix (2002) descreve a dinâmica espacial como elemento que pode ser “tanto produto quanto produtor de ações humanas”. Neste contexto, o espaço urbano seria portador dos condicionantes sociais e estruturais capazes de influenciar na conduta criminosa de um indivíduo.

De forma a sistematizar o estudo destes condicionantes urbanos, pesquisadores vêm aderindo cada vez mais à utilização de ferramentas, como as geotecnologias. Dentre diversas abordagens, o uso de Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) se mostra capaz de integrar dados de diferentes naturezas de forma rápida e eficaz, auxiliando gestores a compreender o fenômeno criminal e propor estratégias de prevenção. Chrisman (1997) define tais sistemas como sendo um conjunto de hardware, software, recursos humanos, dados e técnicas capazes de coletar, armazenar, processar e compartilhar informações terrestres. Longley et al. (2013), aponta a importância da utilização de SIGs para sugerir realocação de recursos policiais para áreas onde as mesmas são estatisticamente mais propensas a serem mais eficientes e efetivas.

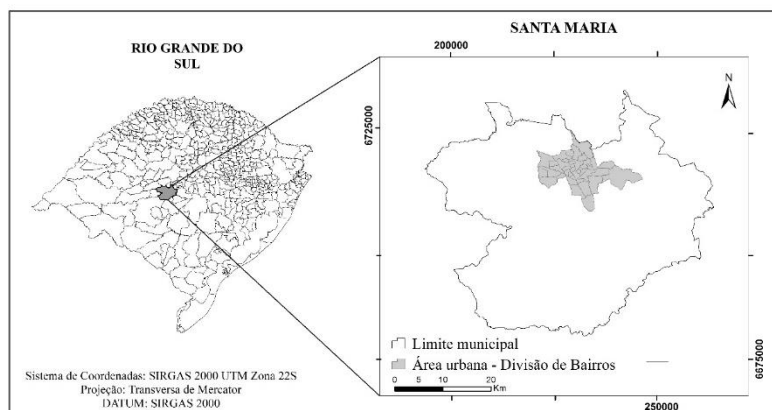
Uma das principais potencialidades do uso de SIGs está em revelar padrões que podem estar ocultos à primeira vista, revelando assim áreas carentes de atenção especial. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi apresentar uma metodologia desenvolvida em ambiente SIG para determinar possíveis padrões espaciais de homicídios sobre sistema viário municipal no perímetro urbana do município de Santa Maria.

2 METODOLOGIA

2.1 ÁREA DE ESTUDO

O município de Santa Maria está situado na região central do Rio Grande do Sul, sob as coordenadas 29° 41' 03" S e 53° 48' 25" O (figura 1). A área de estudo é compreendida pelo perímetro urbano do município. Santa Maria é a quinta cidade mais populosa do estado, além de ser a maior da região, com população estimada de 276.108 habitantes em 2015 (IBGE2015).

Figura 1 - Localização da área de estudo



2.2 COLETA E PRÉ-PROCESSAMENTO DE DADOS

Foram coletados dados referentes a ocorrências de homicídios no município durante todo o ano de 2015, disponibilizados pelo jornal local “Diário de Santa Maria”. Os dados obtidos foram armazenados de forma tabular, organizados em ordem de ocorrência, contendo o endereço aproximado da ocorrência ou de onde o corpo da vítima foi encontrado, dentre outras informações. As informações levantadas foram utilizadas como guia para localizar os pontos de ocorrência de homicídios sobre uma base georreferenciada. Foi utilizado o software Google Earth Pro®, além de mapas do município elaborados e disponibilizados pelo Instituto de Planejamento de Santa Maria (IPLAN), para a identificação destes pontos no formato *Keyhole Markup Language* (kml), tendo o Datum WGS 84 com referência espacial. Posteriormente, estes dados foram exportados para o formato shapefile, compatível com manipulação em ambiente SIG.

Além destes dados, foi utilizado um arquivo shapefile de delimitação de bairros do município em estudo, disponibilizado pelo IPLAN, e um arquivo shapefile do sistema viário do estado do Rio Grande do Sul, disponibilizado pelo LABGEO UFRGS.

2.3 DETERMINAÇÃO DA DISTÂNCIA EUCLIDIANA

Em Sistemas de Informações Geográficas, a Distância Euclidiana é definida pela distância de cada célula da imagem para a fonte mais próxima (ArcGIS Resources, 2016). Este parâmetro foi determinado separadamente para cada tipo de via. A seguir, a imagem criada foi reclassificada de acordo com a tabela 1.

Tabela 1 - Classificação da matriz resultante de acordo com a distância à rede viária

Distância à via (metros)	Classe
0 – 50	1
50 – 100	2
100 – 200	3
200 – 300	4
300 - ∞	5

Este trabalho considerou a escala dos dados lineares representativos do sistema viário, de 1:50.000, e estipulou as faixas de influência fixas para cada categoria, o que não necessariamente reflete a realidade dos trechos estudados. É importante ressaltar que este trabalho é uma análise baseada em dados com limitações de escala, que

impedem uma resposta acurada para o fenômeno em estudo, mas abre precedente para a aplicação da metodologia proposta sobre dados mais detalhados.

Para fazer o relacionamento entre os dados pontuais de ocorrências de homicídios e as faixas de distância criadas, foi utilizada a função Extract Multi Values to Points. Assim, foi possível determinar quantos homicídios ocorreram em cada classe de distância à via.

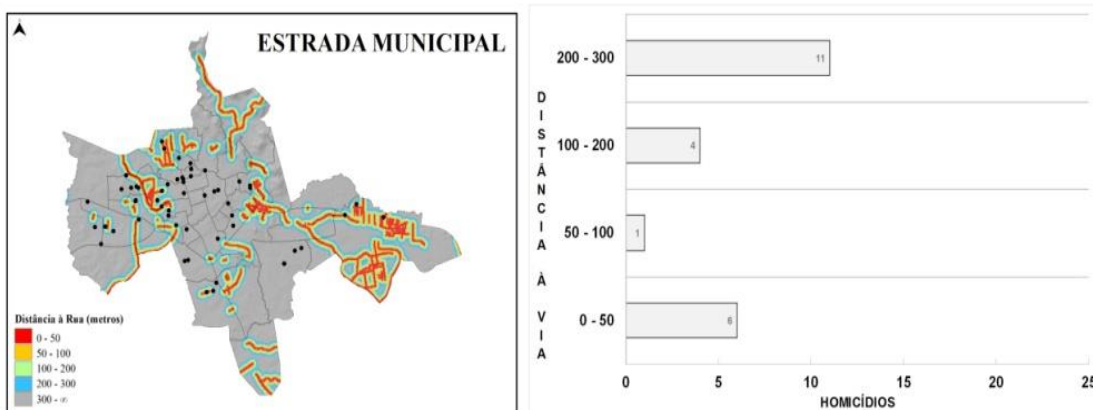
Todos os resultados cartográficos desta análise estão na Projeção Transversa de Mercator (UTM), com Datum horizontal Sirgas 2000, Fuso 22J e Meridiano Central 51°. Todos os procedimentos foram executados com auxílio do software ArcGIS® versão 10.1.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A proposta deste trabalho aborda a discussão sobre a influência de elementos urbanos, neste caso representado pelo sistema viário do município em estudo, sobre um determinado fenômeno social, ilustrado pelas ocorrências de homicídios em 2015. A seguir serão explanados os resultados obtidos para cada classe da rede viária.

A figura 2 ilustra os resultados obtidos para a classificação de distância euclidiana para cada classe de Estrada Municipal. Com 92,41 quilômetros, a categoria estrada municipal é a segunda maior categoria em extensão do município. Dos 22 homicídios registrados a zona de influência da via (até 300 metros), 50% ocorreram entre 200 e 300 metros das vias identificadas nesta categoria, destacando um padrão de ocorrências que tende a se distanciar destas vias.

Figura 2 - Número de homicídios na zona de influência do sistema viário de Santa Maria, classe Estrada Municipal



As figuras 3 e 4 ilustram os resultados obtidos para as categorias Estrada Federal Pavimentada e Estrada Estadual Pavimentada. Ambas as categorias registraram apenas duas ocorrências em cada zona de influência. Estas categorias abrigaram suas duas ocorrências em uma zona de influência de até 100 metros de distância das vias. Somadas, as estradas pavimentadas chegam a 29,03 quilômetros de extensão.

Figura 3 - Número de homicídios na zona de influência do sistema viário de Santa Maria, classe Estrada Federal Pavimentada.

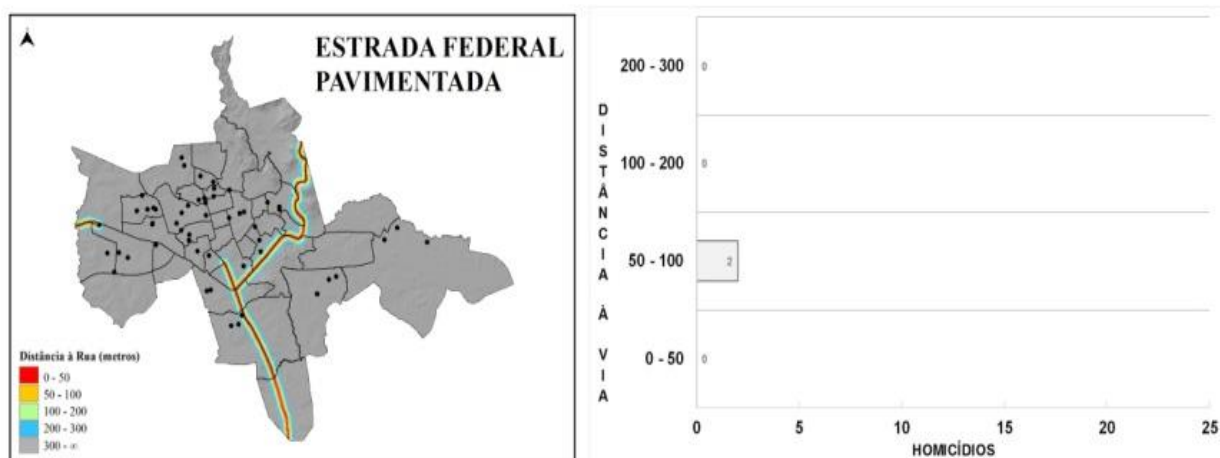
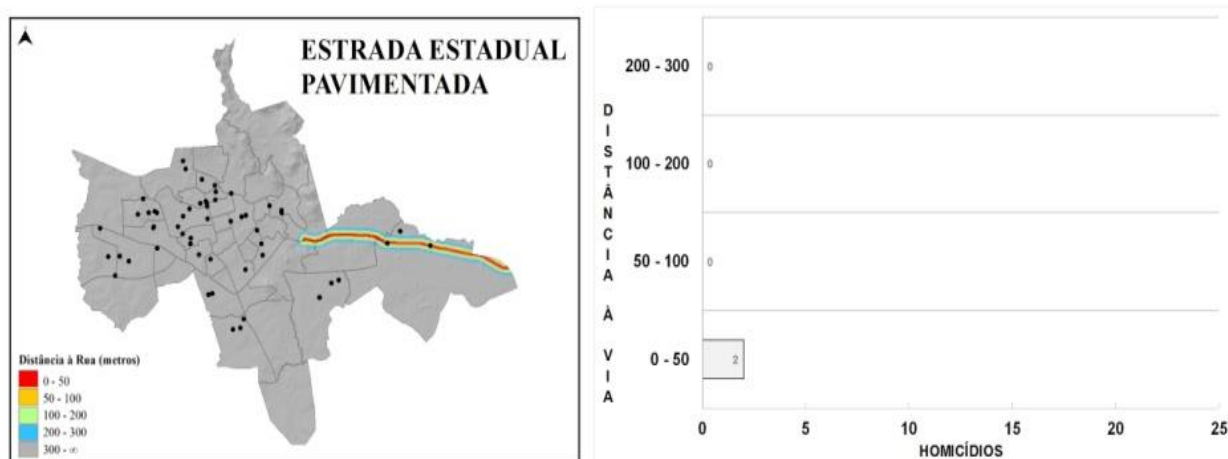
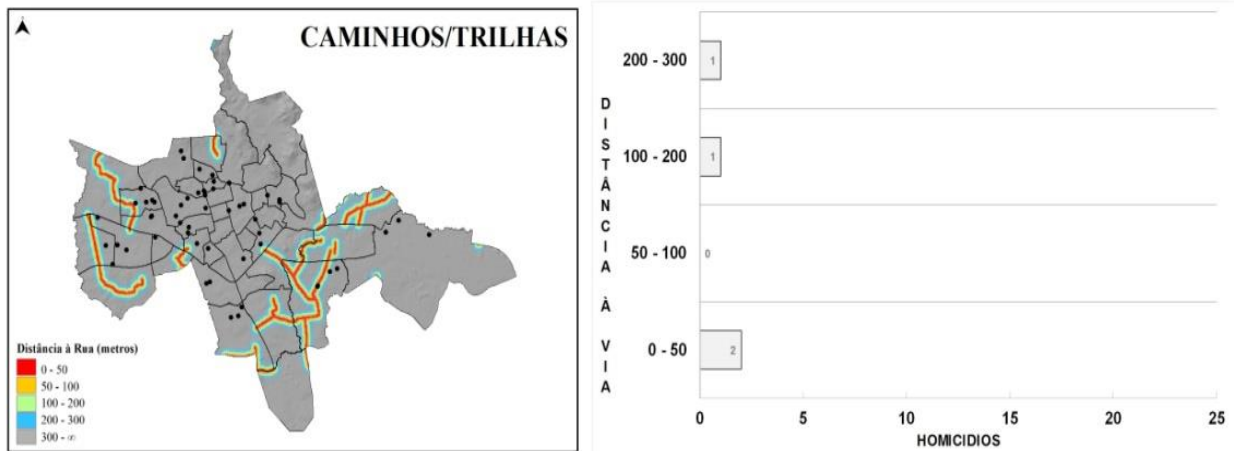


Figura 4 - Número de homicídios na zona de influência do sistema viário de Santa Maria, classe Estrada Estadual Pavimentada.



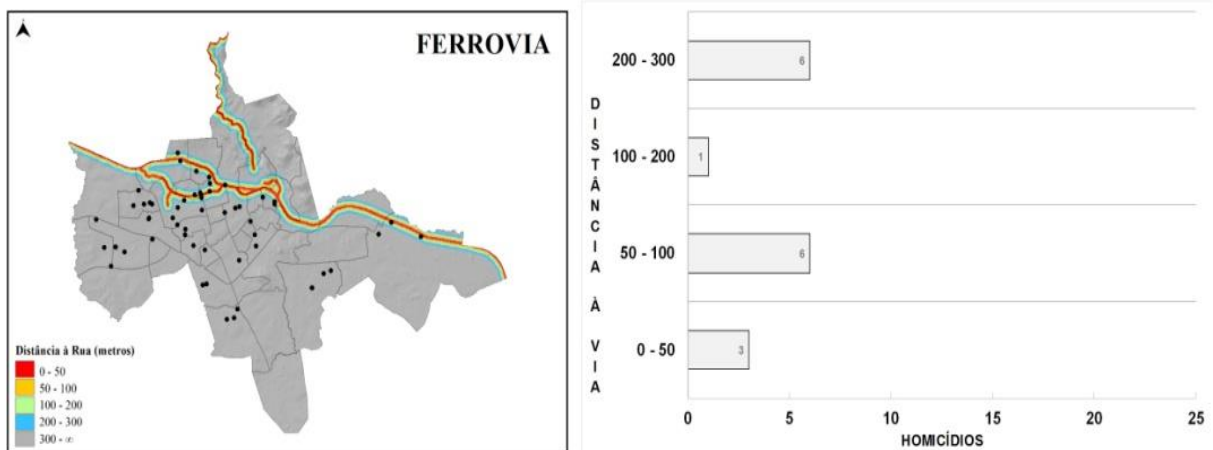
Na figura 5, é possível analisar os resultados para caminhos e trilhas. Na área de influência desta categoria, quatro ocorrências de homicídios foram registradas no período. Destes, dois foram registrados nas proximidades das vias (até 50 metros). A dispersão quase que igualitária das ocorrências nesta classe sugere que existe uma tendência à aleatoriedade do fenômeno, onde não é possível identificar qualquer padrão de ocorrências. Caminhos e trilhas possuem extensão de 129,65 quilômetros na área de estudo.

Figura 5 - Número de homicídios na zona de influência do sistema viário de Santa Maria, classe Caminhos e Trilhas.



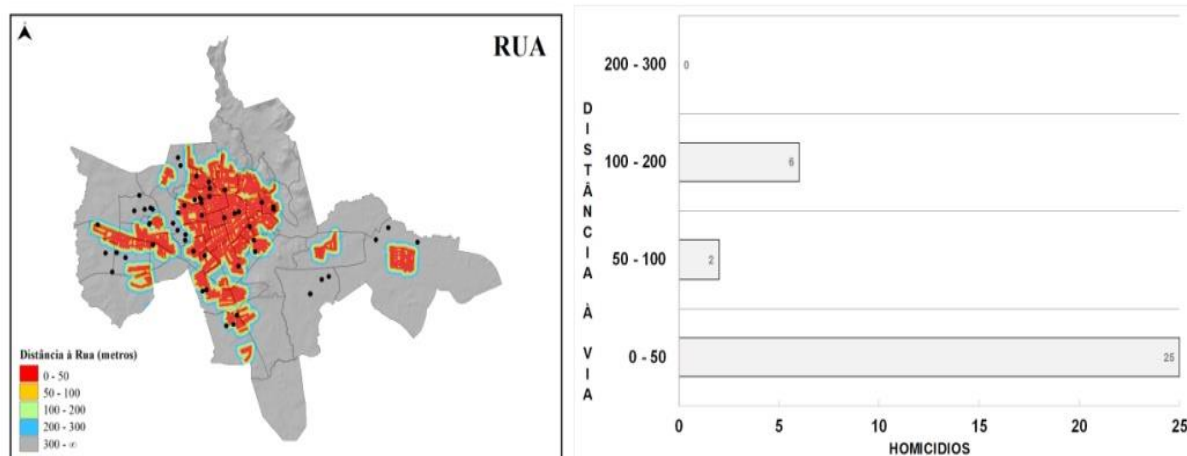
A figura 6 ilustra a dispersão do fenômeno sobre as ferrovias do município. As ferrovias ocupam 37,17 quilômetros na área de estudo. Esta categoria abriga 16 ocorrências dentro de sua área de influência. O próprio padrão longitudinal da feição, que “atravessa” a cidade, pode ser a explicação da presença de um número significativo de ocorrências na sua área de influência. A disposição destas sobre as faixas de distância é descrita a figura 6.

Figura 6 - Número de homicídios na zona de influência do sistema viário de Santa Maria, classe Ferrovias.



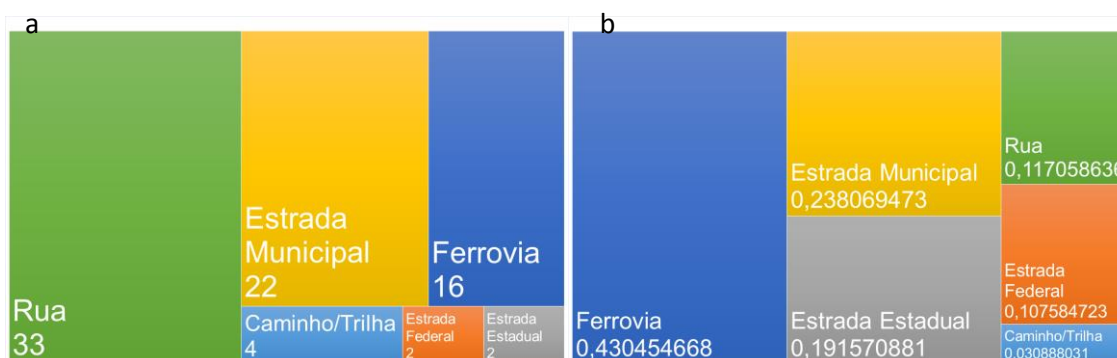
Por fim, a figura 7 ilustra os resultados encontrados para as ruas da área urbana do município. Visivelmente, esta categoria é mais extensa da área de estudo, 281,91 quilômetros de extensão, mais do que o dobro do que a segunda categoria mais extensa. Além disso, é a categoria mais adensada em relação ao centro do município. Desta forma, era esperado que a dispersão espacial do fenômeno fosse diferenciada das demais categorias avaliadas até agora. Foram 33 ocorrências registradas ao longo da sua zona de influência, o maior número dentre as categorias avaliadas. Destas, 75,76% ocorreram até 50 metros de distância das vias.

Figura 7 - Número de homicídios na zona de influência do sistema viário de Santa Maria, classe Ruas do município.



A análise permite identificar qual a faixa de distância em que os homicídios mais ocorreram no período em estudo e se algum tipo específico de via foi significativamente mais propenso a registrar ocorrências no seu entorno. A figura 8 resume estes resultados ao comparar as categorias do sistema viário em que ocorreram mais homicídios no período em estudo. Além disso, é sabido que a extensão de cada categoria pode influenciar a análise dos resultados. Desta forma, foi elaborado um gráfico a parte para identificar os resultados normalizados, ou seja, o número absoluto de ocorrências de homicídios nas zonas de influência das classes dividido pela extensão de cada classe em quilômetros.

Figura 8. Porcentagem absoluta de ocorrências de homicídios por zonas de influência das classes do sistema viário (a) porcentagem normalizada de ocorrências de homicídios por zonas de influência das classes do sistema viário (b) de Santa Maria.



Em se tratando de números absolutos (figura 8 - a), a classe 'rua' abriga a maior porcentagem de ocorrências nas suas zonas de influência, fato este esperado devido a concentração desta categoria ser maior entre as regiões mais urbanizadas do perímetro urbano, além desta ser a maior das categorias em extensão, com 281,91 quilômetros. Desta mesma forma, as duas categorias com menor extensão apresentam-se como as menores porcentagens representantes de ocorrências no período. Estes são exemplos da importância da normalização dos dados para melhor entendimento do fenômeno em estudo. Fugindo a esta regra, a categoria Caminhos/trilhas é a segunda maior em extensão e apresenta-se como uma das menores categorias em número de homicídios. Esta fuga do padrão esperado requer análise mais detalhada.

De forma geral, a normalização dos dados permite uma verificação mais clara da realidade do fenômeno. A figura 8 - b ilustra estes resultados de acordo com a extensão de cada categoria viária, e os resultados obtidos foram visivelmente diferentes. A maior categoria neste novo método é ferrovia, por apresentar um número de homicídios em sua zona de influência superior ao esperado a uma classe de extensão pequena: 16 casos ao longo de 37,17 quilômetros, aproximadamente uma ocorrência a cada dois quilômetros. Além disso, ao analisar os dados sob esta nova ótica, as categorias de Estrada Estadual e Federal, antes com os menores valores de ocorrências, crescem consideravelmente como classes onde as ocorrências não são compatíveis a sua curta extensão. Por fim, destaca-se a categoria Rua por apresentar, a despeito da sua maior extensão em quilômetros, uma porcentagem consideravelmente menor em relação aos dados absolutos.

4 CONCLUSÕES

A metodologia foi capaz de determinar um padrão de ocorrências em zonas de influência das classes de tipologias do sistema viário de Santa Maria, especialmente próximo às ruas, até 50 metros, e afastado de estradas municipais. O número de ocorrências foi superior ao esperado próximo à ferrovia, devido à sua curta extensão.

O ambiente de Sistemas de Informações Geográficas permitiu manipular a base de dados com eficiência. A plataforma foi apropriada para desenvolver as diferentes etapas do trabalho.

O objetivo principal do trabalho foi alcançado, uma vez que a metodologia foi desenvolvida com sucesso, e os resultados puderam ser analisados de forma satisfatória.

Acredita-se que esta metodologia poderia ter sido melhor aplicada caso fossem conhecidas as larguras aproximadas dos trechos de cada classe em estudo. Desta forma, seria possível determinar intervalos de faixas de influência mais adequados à realidade local do perímetro urbano de Santa Maria, RS.

REFERÊNCIAS

- ARCGIS. **ArcGIS Desktop 10.2.2**. Acesso em: 13 abr. 2016. Distribuído pela ESRI.
- CHRISMAN, N. R. **Exploring Geographic Information Systems**. New York: J. Wiley, 1997. 298 p.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **IBGE CIDADES**. Disponível em: <<http://cod.ibge.gov.br/MNI>>. Acesso em: 15 fev. 2016.
- FELIX, S. A. **Geografia do crime: interdisciplinaridade e relevâncias**. Marília, SP: Unesp-Marília, 2002.
- FERREIRA e PENNA, 2005 Território da Violência: Um olhar geográfico sobre a violência urbana.
- LONGLEY, P. A. et al. **Sistemas e ciência da informação geográfica**. 3. ed. (tradução), Porto Alegre: Bookman Editora, 2013.
- OLIVEIRA, C. S. de. et al. **O público e o privado**: caderno. Fortaleza, CE: Nupes, 2004.
- ZH NOTÍCIAS. Avanço na taxa de homicídios coloca RS entre os mais violentos. Disponível em: <http://zh.clicrbs.com.br/rs/noticias/noticia/2016/01/avanco-na-taxa-de-homicidios-coloca-rs-entre-os-mais-violentos-4951261.html>>. Acesso em: 16 out. 2016.

A MÁXIMA VERTICALIZAÇÃO DE CAMOBI SEGUNDO A LUOS E O SOFTWARE AUTOCAD® COMO FERRAMENTA NA CONCEPÇÃO DE PROJETOS

*Maximum of Camobi Verticalization by Luos and Software AutCAD®
as a Tool in Project Design.*

Tuane Telles Rodrigues¹, Cibeles Stefano²

¹ Universidade Federal de Santa Maria, Rua Francisco Baggio, B. Oásis, CEP: 97185-000, Itaara – RS, Brasil, email: tuanytel@hotmail.com

² Universidade Federal de Santa Maria, Rua Rui Barbosa, B. Carolina, CEP: 97043-610, Santa Maria – RS, Brasil, email: cibelestefanno@gmail.com

RESUMO

Este trabalho aborda a importância do *software* AutoCAD® como ferramenta na obtenção de projetos que seguem diversas normativas, entre elas Leis municipais. Sendo assim, discutimos aqui a Lei de Uso e Ocupação do Solo de Santa Maria (LUOS) e o processo de máxima verticalização que a mesma impõe sobre o Bairro Camobi, proporcionando diferenciação relativa a outros Bairros de Santa Maria. Como metodologia primeiramente realizamos a leitura da LUOS, para conhecermos as diretrizes para cada zona em que o município de Santa Maria está dividido, após fomos na Secretaria de Obras do município para sabermos qual o papel do AutoCAD® neste contexto. Espera-se que esta discussão nos mostre o papel das geotecnologias como ferramenta de gestão e análise das transformações dos centros urbanos, que se diferem conforme pressupostos normativos.

Palavras-chave: Verticalização. Camobi. AutoCAD®.

ABSTRACT

This paper discusses the importance of AutoCAD® software as a tool in getting projects follow several regulations, including local laws. Thus, we discuss here the Law of Use and Land Use Santa Maria (Luos) and the maximum vertical integration process that it imposes on the Camobi district, providing differentiation relative to other districts in Santa Maria. The methodology first perform the reading of the Luos, to know the guidelines for each zone in the city of Santa Maria is divided, after we were in the municipal Works Department to know what the role of AutoCAD® this context. It is hoped that this discussion show us the role of geotechnology as a management tool and analysis of the transformations of urban centers, which differ according to normative assumptions.

Keywords: Verticalization. Camobi. AutoCAD®.

1 INTRODUÇÃO

A verticalização de uma paisagem é um processo que segue algumas características, onde ocorre um crescimento vertical em relação às edificações destinadas aos mais variados usos. Scussel e Sattler (2010) compreendem o procedimento de verticalização da seguinte forma: “Evidentemente, para além dos padrões urbanísticos, o entendimento dos processos de verticalização e densificação das cidades passa por questões vinculadas às múltiplas dimensões da produção do espaço – econômica, social, política, cultural.”

Há um processo que delimita essa expansão ou crescimento “para cima” de habitações e comércios dentro da perspectiva de obras que dão características particulares a forma da paisagem. Utilizando assim uma área a qual não representa o uso direto do solo, mas sim indiretamente, aumentando sua área de aproveitamento.

Scussel e Staller (2010) apontam ainda que:

“O exame da literatura permite afirmar que a verticalização, em si, não é boa nem má; o mesmo se poderia dizer da densificação que, em geral, a ela está associada. A questão é bem mais complexa e está relacionada a um conjunto de fatores – custos de infraestrutura urbana, tipologia das edificações, estruturação da malha viária, etc. – que, combinados, definem a qualidade do espaço urbano.” (Scussel e Staller 2010).

Roaf, Crichton e Nicol (2009) caracterizam os edifícios por padrões de altura, e seus aspectos gerais, destacando os seguintes pontos:

“a) custos de construção, operação e manutenção elevados, quanto mais alto for o edifício, por exigir sistemas construtivos e de proteção (contra incêndio, intempéries) mais complexos; (b) no caso de inserção em áreas consolidadas, sobrecarga aos sistemas de infraestrutura urbana previamente existentes – abastecimento de água, esgotamento sanitário, energia elétrica, sistema viário –, além de multiplicação da demanda aos serviços e equipamentos de uso coletivo; e (c) modificação do clima local, com aumento da velocidade dos ventos ao nível da rua, sombreamento; prejuízo ao conforto térmico, lumínico e acústico, não só do entorno mas também do próprio edifício, conforme a altura e o posicionamento de determinada unidade – quanto mais alto o edifício, maior o problema de estratificação térmica e maior o consumo de energia para climatização.” (Roaf et.al. 2009).

A estruturação urbana passa por normas que regem as diretrizes primordiais para o desenvolvimento espacial, essas normativas passam por Leis tanto de cunho federal, quando estadual e municipal, sendo esta última nosso objeto de análise, a Lei Complementar N°72, de 04 de Novembro de 2009, denominada Lei de Uso e Ocupação do Solo de Santa Maria- RS. O artigo n°1 aponta seus princípios da seguinte forma:

Art. 1º Esta Lei estabelece as normas e as condições para o uso, ocupação, parcelamento do solo, perímetro urbano e sistema viário do Município de Santa Maria e tem como objetivos: I - Estabelecer os critérios para racionalizar a ocupação do solo nas Áreas Urbanas do Município, segundo as políticas do Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Ambiental; II - Prever e controlar as densidades do uso e ocupação do solo, como instrumento de administração e gestão da cidade oferecendo bases para o planejamento sustentável dos serviços públicos necessários à comunidade; III - Compatibilizar a implantação das diversas atividades existentes na cidade, que diferenciadas entre si são complementares, dentro de áreas do espaço urbano; IV - Garantir o cumprimento da função social da propriedade urbana, quando atende as exigências fundamentais de ordenação da cidade, expressas no Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Ambiental; V - Compatibilizar, convenientemente, o uso do solo, parcelamento e a adequação das edificações à infra-estrutura, evitando a poluição e degradação ambiental; VI - Viabilizar o uso adequado aos vazios urbanos para fins de interesse urbanístico. (Lei de Uso e Ocupação do Solo de Santa Maria, RS. p. 1)

Após tomarmos conhecimento sobre os processos de verticalização e as normativas que direcionam esse processo, precisamos pensar em como isso é feito. De que maneira é realizado a construção de ideais, de projetos, de perspectivas? Nesse contexto podemos discutir o uso das geotecnologias, que nos possibilitam planejar e analisar as mais complexas características de projeção daquilo que se pretende realizar. Sendo assim, apontamos neste trabalho por sua ampla utilização como ferramenta de gestão, o software AutoCAD®.

Segundo Rodrigues, Stefano, Corrêa e Batista (2015, p.3)

“[...] o AutoCAD® tem se consolidado cada vez mais por se tratar de um programa com diversas competências, pois ele é capaz de gerir inúmeras diretrizes básicas e sofisticadas, na construção do plano de execução e no estudo para diversas áreas não apenas de construção de edificações.” (Rodrigues, T.T. et.al, 2015)

Góes (2000) diz que a popularização do AutoCAD® ocorreu anos mais tarde de sua criação e comercialização no ano de 1982, frente a necessidade de uma forma de elaboração de projetos mais rápidos e com a possibilidade de serem alterados a qualquer momento antes de sua impressão (em forma de plotagem), lembrando que os desenhos técnicos anteriores eram realizados manualmente com o auxílio de ferramentas específicas e não dispunha de alterações rápidas.

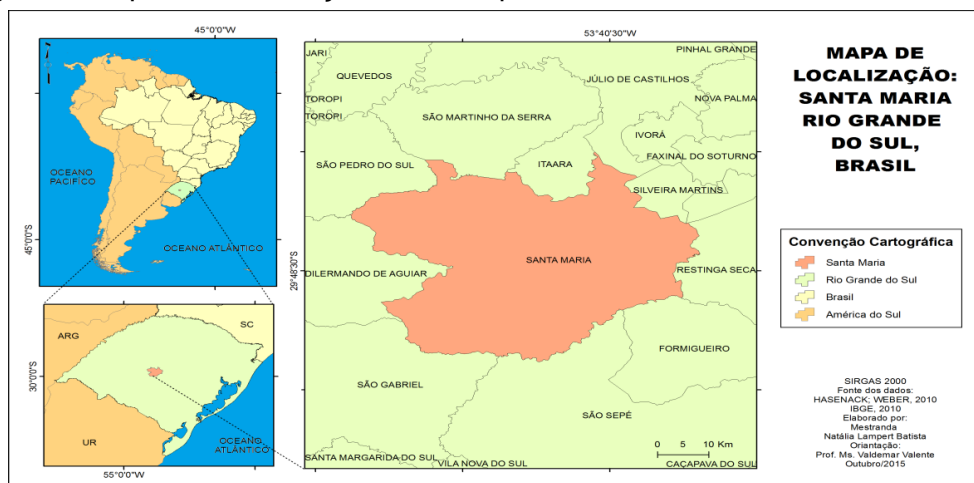
2 DESENVOLVIMENTO

Localizado a Leste de Santa Maria, RS, Brasil, o Bairro de Camobi é uma das regiões do município com alto desenvolvimento urbano. O lugar possui certa autonomia em setores como, educação, saúde, comércio, mobilidade, segurança entre outros. Nosso interesse em pesquisar Camobi e seu processo de urbanização ocorreu frente a percepção de que o bairro possui características particulares, com destaque para a verticalização limitada das edificações presentes do lugar.

O processo de verticalização de uma paisagem se dá por diversas características, como as condições naturais do território ou sociais, mas também podemos considerar as leis que regulamentam a expansão e modelam características de desenvolvimento paisagístico. E é nesse contexto que abordamos a Lei de número 72, criada em 04 de Novembro de 2009, denominada Lei de Uso e Ocupação do Solo de Santa Maria- RS, a LUOS.

Para isso apontamos neste trabalho a Lei e seus anexos, que correspondem a detalhes fundamentais, principalmente os anexos 6 (Quadro Regime Urbanístico- Índices Urbanístico do 1º Distrito – Sede do Município), 9 (Mapa do Perímetro Urbano e Macrozoneamento Urbanístico do 1º Distrito – Sede do Município) e 10 (Mapa do Zoneamento Urbanístico do 1º Distrito- Sede do Município).

Figura 1- Mapa de Localização do Município de Santa Maria.



Fonte: Batista, N. L.

Também trazemos como objeto de destaque deste projeto a discussão sobre o papel das Geotecnologias como ferramenta de gerenciamento e análise dos aspectos territoriais, e também na confecção de projetos que se articulam e compõem a paisagem. Destacamos assim, o *software* AutoCAD®, como instrumento de realização e concepção de projetos de cunho edificante do arranjo urbano.

3 METODOLOGIA

Primeiramente realizamos a leitura da LUOS, para sabermos como ela se impõe e conhecermos o zoneamento do município de Santa Maria, com destaque as que se referem ao Bairro de Camobi.

Cada zona é composta por índices que devem ser usados como base de cálculo para conhecer os limites em ocupação e aproveitamento que um imóvel deve ter, além de área verde que deve ser respeitada como uma área a não ser “cimentada” ou coberta por algo semelhante, também seus recuos viários e alturas.

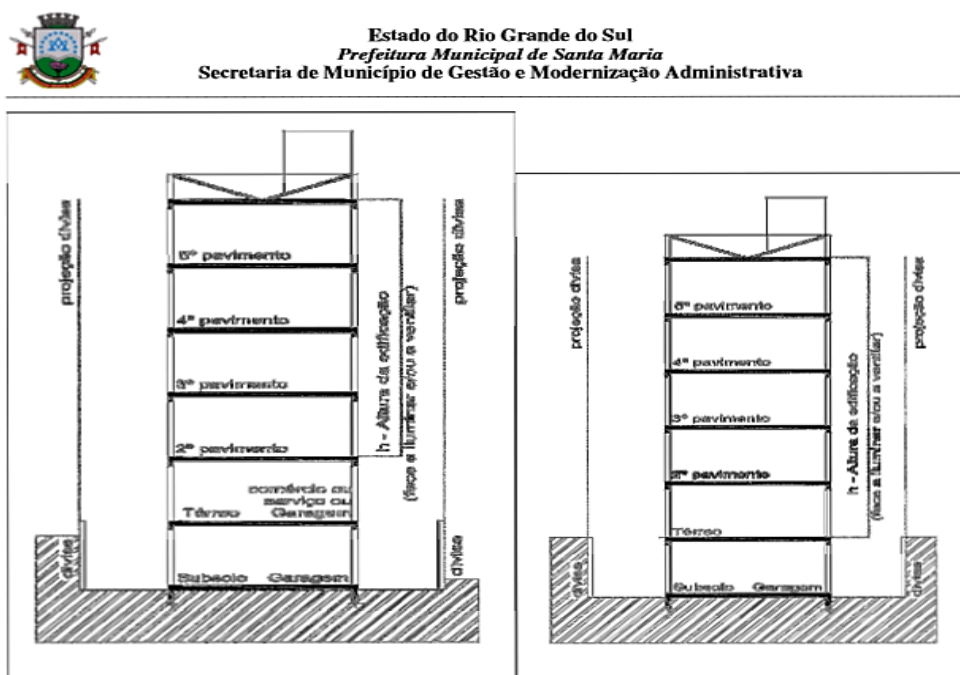
A LUOS possui anexos que vão do 2 ao 26.1 mas para aprofundarmos nosso estudo de maneira pontual, utilizamos os seguintes:

Quadro 1- Anexos da LUOS utilizados na pesquisa.

- Anexo 6 (Quadro Regime Urbanístico- Índices Urbanístico do 1º Distrito – Sede do Município).
- Anexo 9 Mapa do Perímetro Urbano e Macrozoneamento Urbanístico do 1º Distrito – Sede do Município).
- Anexo 10 Mapa do Zoneamento Urbanístico do 1º Distrito- Sede do Município).

Fonte: Luos 2009, adaptado por RODRIGUES, 2016.

Figura 2 - Figura 24 da LUOS, página 28.



Fonte: Secretaria de Município de Gestão e Modernização Administrativa, LUOS 2009.

Figura 3 - Visão Geral do Quadro de índices do Regime Urbanístico da LUOS, anexo 6.

Arquivo original de grande porte, disponível em pdf no site do IPLAN.

Quadro Ocupação do Solo Sede Municipal

ANEXO 6 - Quadro Regime Urbanístico - Índices Urbanísticos do 1º Distrito - Sede do Município	Índice	Descrição	Índice	Descrição	Índice	Descrição	Índice	Descrição	Índice	Descrição	Índice	Descrição	Índice	Descrição	
1	Área de preservação ambiental	11	Residencial de baixa densidade	21	Industrial	31	Comercial	41	Administrativo	51	Religioso	61	Esportivo	71	Recreativo
2	Área de preservação ambiental	12	Residencial de média densidade	22	Industrial	32	Comercial	42	Administrativo	52	Religioso	62	Esportivo	72	Recreativo
3	Área de preservação ambiental	13	Residencial de alta densidade	23	Industrial	33	Comercial	43	Administrativo	53	Religioso	63	Esportivo	73	Recreativo
4	Área de preservação ambiental	14	Residencial de baixa densidade	24	Industrial	34	Comercial	44	Administrativo	54	Religioso	64	Esportivo	74	Recreativo
5	Área de preservação ambiental	15	Residencial de média densidade	25	Industrial	35	Comercial	45	Administrativo	55	Religioso	65	Esportivo	75	Recreativo
6	Área de preservação ambiental	16	Residencial de alta densidade	26	Industrial	36	Comercial	46	Administrativo	56	Religioso	66	Esportivo	76	Recreativo
7	Área de preservação ambiental	17	Residencial de baixa densidade	27	Industrial	37	Comercial	47	Administrativo	57	Religioso	67	Esportivo	77	Recreativo
8	Área de preservação ambiental	18	Residencial de média densidade	28	Industrial	38	Comercial	48	Administrativo	58	Religioso	68	Esportivo	78	Recreativo
9	Área de preservação ambiental	19	Residencial de alta densidade	29	Industrial	39	Comercial	49	Administrativo	59	Religioso	69	Esportivo	79	Recreativo
10	Área de preservação ambiental	20	Residencial de baixa densidade	30	Industrial	40	Comercial	50	Administrativo	60	Religioso	70	Esportivo	80	Recreativo
11	Área de preservação ambiental	21	Residencial de baixa densidade	31	Industrial	41	Comercial	51	Administrativo	61	Religioso	71	Esportivo	81	Recreativo
12	Área de preservação ambiental	22	Residencial de média densidade	32	Industrial	42	Comercial	52	Administrativo	62	Religioso	72	Esportivo	82	Recreativo
13	Área de preservação ambiental	23	Residencial de alta densidade	33	Industrial	43	Comercial	53	Administrativo	63	Religioso	73	Esportivo	83	Recreativo
14	Área de preservação ambiental	24	Residencial de baixa densidade	34	Industrial	44	Comercial	54	Administrativo	64	Religioso	74	Esportivo	84	Recreativo
15	Área de preservação ambiental	25	Residencial de média densidade	35	Industrial	45	Comercial	55	Administrativo	65	Religioso	75	Esportivo	85	Recreativo
16	Área de preservação ambiental	26	Residencial de alta densidade	36	Industrial	46	Comercial	56	Administrativo	66	Religioso	76	Esportivo	86	Recreativo
17	Área de preservação ambiental	27	Residencial de baixa densidade	37	Industrial	47	Comercial	57	Administrativo	67	Religioso	77	Esportivo	87	Recreativo
18	Área de preservação ambiental	28	Residencial de média densidade	38	Industrial	48	Comercial	58	Administrativo	68	Religioso	78	Esportivo	88	Recreativo
19	Área de preservação ambiental	29	Residencial de alta densidade	39	Industrial	49	Comercial	59	Administrativo	69	Religioso	79	Esportivo	89	Recreativo
20	Área de preservação ambiental	30	Residencial de baixa densidade	40	Industrial	50	Comercial	60	Administrativo	70	Religioso	80	Esportivo	90	Recreativo
21	Área de preservação ambiental	31	Residencial de baixa densidade	41	Industrial	51	Comercial	61	Administrativo	71	Religioso	81	Esportivo	91	Recreativo
22	Área de preservação ambiental	32	Residencial de média densidade	42	Industrial	52	Comercial	62	Administrativo	72	Religioso	82	Esportivo	92	Recreativo
23	Área de preservação ambiental	33	Residencial de alta densidade	43	Industrial	53	Comercial	63	Administrativo	73	Religioso	83	Esportivo	93	Recreativo
24	Área de preservação ambiental	34	Residencial de baixa densidade	44	Industrial	54	Comercial	64	Administrativo	74	Religioso	84	Esportivo	94	Recreativo
25	Área de preservação ambiental	35	Residencial de média densidade	45	Industrial	55	Comercial	65	Administrativo	75	Religioso	85	Esportivo	95	Recreativo
26	Área de preservação ambiental	36	Residencial de alta densidade	46	Industrial	56	Comercial	66	Administrativo	76	Religioso	86	Esportivo	96	Recreativo
27	Área de preservação ambiental	37	Residencial de baixa densidade	47	Industrial	57	Comercial	67	Administrativo	77	Religioso	87	Esportivo	97	Recreativo
28	Área de preservação ambiental	38	Residencial de média densidade	48	Industrial	58	Comercial	68	Administrativo	78	Religioso	88	Esportivo	98	Recreativo
29	Área de preservação ambiental	39	Residencial de alta densidade	49	Industrial	59	Comercial	69	Administrativo	79	Religioso	89	Esportivo	99	Recreativo
30	Área de preservação ambiental	40	Residencial de baixa densidade	50	Industrial	60	Comercial	70	Administrativo	80	Religioso	90	Esportivo	100	Recreativo

ESCRITÓRIO DA CIDADE
AUTARQUIA DO MUNICÍPIO DE SANTA MARIA

Endereço: Rua 15 de Novembro, 150 - Centro - Santa Maria/RS
Fone: (51) 3091-1234 - Fax: (51) 3091-1235
E-mail: cidade@cm.sma.rs.gov.br

LEI DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO SANTA MARIA-RS

PROPOSTA	REVISÃO	REVISÃO	REVISÃO
1	1	1	1

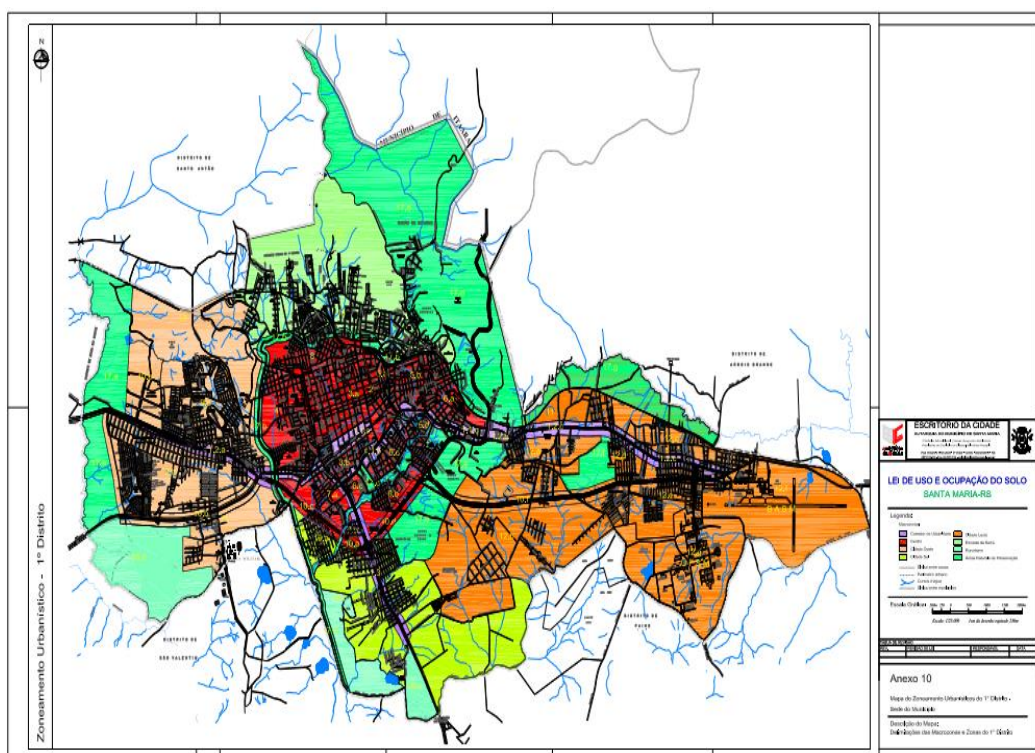
Anexo 6

Quadro Regime Urbanístico - Índices Urbanísticos do 1º Distrito - Sede do Município

Descrição do Quadro: regime urbanístico do 1º Distrito - sede do município conforme zoneamento urbanístico contendo índices, recuos e alturas.

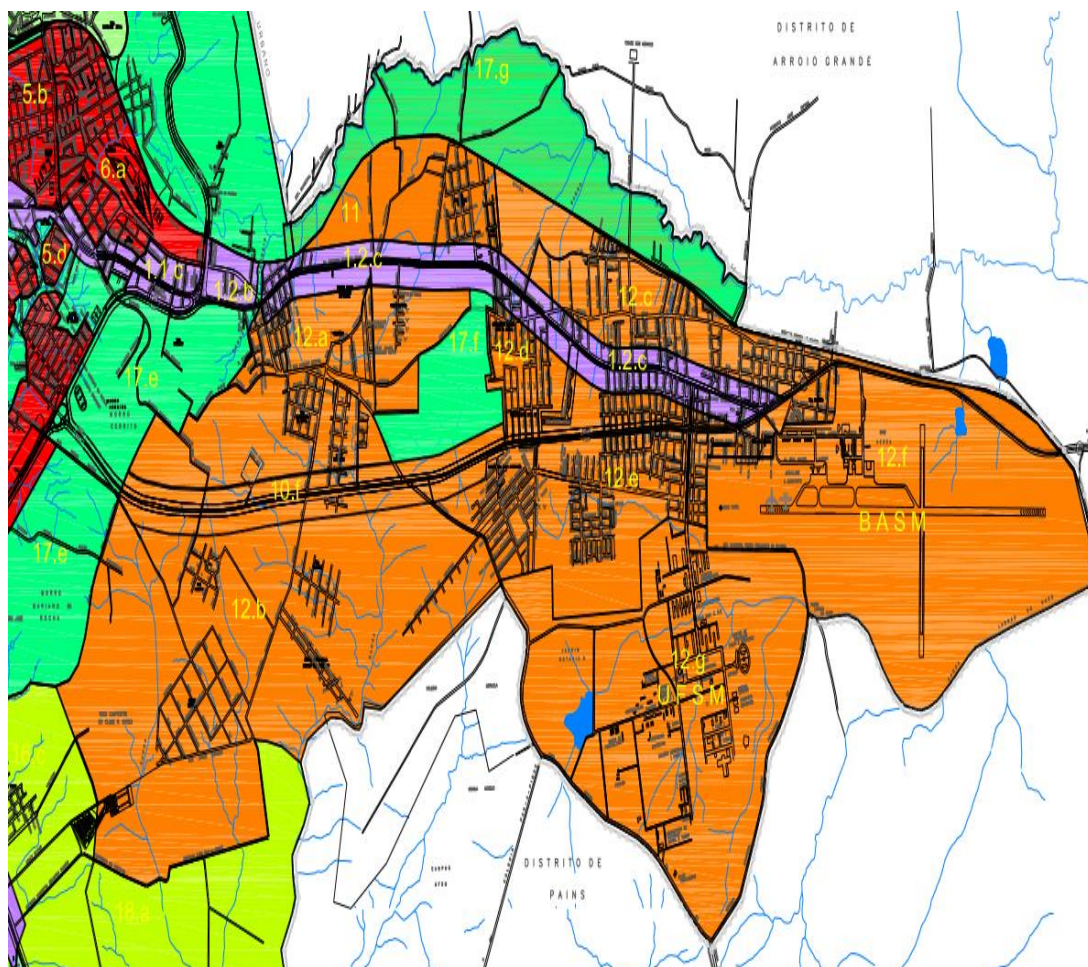
Fonte: Escritório da Cidade 2009. Atualmente denominado Instituto de Planejamento (IPLAN).

Figura 4 - Mapa das zonas do Município de Santa Maria, anexo 10 da LUOS.



Fonte: Escritório da Cidade 2009. Atualmente denominado Instituto de Planejamento (IPLAN).

Figura 5- Detalhe do Anexo 10, mostrando Camobi. Neste anexo a região apresenta-se com a denominação de Cidade Leste.



Fonte: Escritório da Cidade 2009. Atualmente denominado Instituto de Planejamento (IPLAN).

Por fim, realizamos uma pequena entrevista com três engenheiros civil na secretaria de obras do município de Santa Maria, para sabermos como realizam seus projetos, e todos responderam que o *software* AutoCAD® é utilizado em seus escritórios para elaboração de projetos, dos mais variados temas em todo o município de Santa Maria, incluindo Camobi. Esclareceram ainda, alguns pontos importantes sobre a LUOS e a forma como deve ser feito o cálculo de áreas.

O cálculo das áreas são representados nos projetos feitos em AutoCAD que são encaminhados para a secretaria de obras do município, ficam disponíveis nas pranchas que representam a Situação e Localização das edificações mediante uma tabela denominada planilha de áreas. Nela são apresentados a área de cada pavimento, principalmente o primeiro que corresponde a ocupação do solo, em seguida é exposto a área total, sendo a soma de todas as demais áreas, esse valor obtido é por sua vez multiplicado pelo índice correspondente e dividido pela porcentagem, chegando a área de aproveitamento total atingido.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A leitura e compreensão da LUOS nos mostrou que há uma diferenciação perceptível quanto ao resultado de aproveitamento máximo das edificações quando comparando Camobi, com um índice de aproveitamento menor e o centro de Santa Maria, onde o índice é maior, proporcionando edificações de maior porte e altura significativos.

Camobi encontra entre as zonas do 10.f ao 12.e.

Quadro 2- Índices das zonas de Camobi

	I.A (máximo)	I.O (máximo)	I.V (máximo)
10.d, 10.c, 11.0, 11.0, 10.f	2,2	0,55	0,18
11	3	0,5	0,18
12.a, 12.b, 12.c, 12.e	2,2	0,55	0,18

Legenda: I.A (Índice de Aproveitamento), I.O (Índice de Ocupação), I.V (Índice verde)

Fonte: LUOS, 2009.

No resultado das entrevistas, os especialistas disseram como se dá a LUOS, que sua construção seguiu principalmente a questão aeroespacial presente em Camobi, devido a presença da Base Aérea de Santa Maria, pois para pousos e decolagens é importante que seus arredores sigam configurados para atender a essas necessidades, garantido segurança a todos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho provém de uma pesquisa com métodos simples, passíveis de análise por qualquer pessoa que perceba as características da sociedade expressas na paisagem que transcreve aquilo que corresponde às características do lugar em que vivem.

Para compreendermos a dinâmica na urbanização e como ela se expressa na paisagem, precisamos utilizar ferramentas que vão além das questões conceituais, aprofundando os conhecimentos práticos que resultam nos aspectos visíveis.

Em Geografia, as geotecnologias representam mais que o avanço tecnológico, ele expõe os avanços que a ciência atinge, podendo cada vez mais precisar seus estudos de campo, e amplia seus conhecimentos naturais e humanos.

REFERÊNCIAS

GÓES, K. 2000. **AutoCad Map**: Explorando as ferramentas de mapeamento. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna.

OLIVEIRA, Livia de. Ainda sobre percepção, cognição e representação em geografia. In: MENDONÇA, Francisco; KOZEL, Salete (Org). Elementos de epistemologia da geografia contemporânea. Curitiba: Ed. Da UFPR, 2002. p.189 – 196.

ROAF, S.; CRICHTON, D.; NICOL, F. **Adapting Buildings and Cities for Climate Change**: a 21st century survival guide. Oxford: Architectural Press, 2009.

RODRIGUES, T. T.; Stefano, C.; CORRÊA, L.R.; BATISTA, N. L. O Ordenamento Territorial da Cidade de Itaara, Rio Grande do Sul, Brasil, e as Contribuições do Software AutoCAD®. In: JORNADAS ARGENTINAS DE GEOTECNOLOGÍAS, 2015, Argentina. Anais: San Luis: EdUNLu, Universidad Nacional de San Luis.

Santa Maria, Prefeitura Municipal. **Lei Complementar nº72**, de 04 de Novembro de 2009. Lei de Uso e Ocupação do Solo de Santa Maria- RS.

SCUSSEL, M. C. B.; SATTler, M. A. **Cidades em (trans)formação**: impacto da verticalização e densificação na qualidade do espaço residencial. Porto Alegre: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2010. V. 10. p. 137-150.

GEOGRAFIA DA SAÚDE: O USO DE ÁLCOOL NO RS EM 2014 ESPACIALIZADO PELO ArcGIS

Health Geography: Alcohol use in RS 2014 by Spacialied ArcGIS

Tuane Telles Rodrigues¹, Alexandre da Rosa Marinho²

¹Universidade Federal de Santa Maria, Rua Francisco Baggio, B. Oásis, CEP: 97185-000, Itaara – RS, Brasil, e-mail: tuanytel@hotmail.com

² Universidade Federal de Santa Maria, Rua Venâncio Aires, B. Centro, Santa Maria– RS, Brasil, e-mail: alexandredarosa88@hotmail.com

RESUMO

A Geografia da Saúde é uma área da Geografia Humana responsável pela representação dos fenômenos relacionados a saúde, não meramente causa e efeito, mas também na procura da prevenção. Neste trabalho trazemos o uso do álcool especializados em todos os municípios do estado gaúcho no ano de 2014 (ano em que há dados disponíveis na página DataSUS) bem como os feitos principais que o uso deliberado do mesmo causou na população no referido ano. Metodologicamente utilizamos dados coletados do DataSUS, e posteriormente representamos os dados em quatro mapas complementares, sobre óbitos ocasionados pelo uso excessivo de álcool relacionados a problemas no fígado e também transtornos mentais e comportamentais que levaram os indivíduos óbito. Como resultado buscamos evidenciar a problemática que o álcool pode ocasionar para a população gaúcha.

Palavras-chave: Geografia da Saúde. Álcool. Saúde Pública.

ABSTRACT

The Geography of Health is an area of Human Geography responsible for representing the phenomena related to health, not merely cause and effect, but also in the search for prevention. In this work we bring the use of specialized alcohol in all municipalities of the state of Rio Grande do Sul in the year 2014 (year in which data are available on the DataSUS page) as well as the main facts that the deliberate use of it caused in the population in that year. Methodologically we used data collected from DataSUS, and later we represented the data in four complementary maps, on deaths caused by the excessive use of alcohol related to problems in the liver and also mental and behavioral disorders that led the individuals to death. As a result we seek to highlight the problem that alcohol can cause for the population of Rio Grande do Sul.

Keywords: Geography of Health. Alcohol. Public health.

1 INTRODUÇÃO

A Geografia da Saúde ou Geografia Médica (termo utilizados por muitos pesquisadores, porém atualmente em desuso) nos proporciona a visibilidade de doenças que acometem uma população, podendo ser espacializado sobre o território de estudo.

Não exclusivamente a espacialização, mas a Geografia da Saúde utiliza-se de outras áreas dentro da Geografia como formas de explicar o acometimento de alguns

problemas de saúde, não apenas aqueles relacionados a causas externas, como micro-organismos, mas também de saúde atrelada ao estilo e local de vivência.

Ainda no termo Geografia Médica Boudin (1857) apud. Moraes (2007) traz o papel da ciência geográfica exemplificando sua função em outro período da história humana:

“Ao longo do século XIX e a favor da empresa colonialista européia, a medicina viu multiplicarem-se os estudos sobre os trópicos. Coube à geografia médica a tarefa de reunir uma gama de conhecimentos sobre as doenças e seu tratamento. A elaboração de um mapa nosográfico implicou, então, um programa de pesquisas médicas amplo e preciso. A tarefa foi desempenhada por centenas de médicos que serviram nas estações navais ancoradas nas diversas costas do globo.” (BOUDIN apud MORAIS 1857, p.36).

Moraes (2007) nos diz que:

“A geografia médica tinha a preocupação de organizar uma rede de informações médicas, com o propósito de traduzir as muitas definições e tratamentos de doenças para uma linguagem dita científica, que fosse compartilhada por toda a comunidade médica.” (MORAIS, 2007, p.40)

A questão epidemiológica fundamenta-se no estudo entre saúde e doença enquanto um fenômeno coletivo, Costa e Teixeira (1999) são categóricas ao afirmar que é fundamental entendermos que as ciências não devem trabalhar isoladamente, pois é difícil um campo do conhecimento dar conta da grande demanda de fatores que implicam no processo de saúde/doença, pois é necessário um embasamento conceitual e metodológico fortes, adequados e sensíveis para a prática investigativa, o que tende a adotar uma perspectiva interdisciplinar.

Para Bousquat e Cohn (2004) [...] Ludwig Finke, considerado o fundador da geografia médica, inserindo-o no movimento denominado polícia médica. Em seguida, passa-se ao século XIX, quando a geografia e a medicina se transformam em disciplinas científicas, com a consolidação, na primeira, da concepção do espaço entendido como sinônimo de ambiente físico, abstraído da ação humana, e na segunda, do paradigma biológico-individual. (BOUSQUAT e COHN, p. 551)

Para Silva (1997) “A análise do espaço geográfico em epidemiologia é particularmente interessante no momento atual, em que existe uma percepção maior da importância do meio ambiente sobre a existência da humanidade”.

Czeresnia e Ribeiro (2000) trazem o conceito de espaço e epidemiologia como “Espaço é um conceito básico em epidemiologia. Os estudos epidemiológicos tradicionais abordam a categoria “lugar”, que, diferenciado das características ‘tempo’ e ‘pessoas’, constitui um dos seus principais elementos de análise”.

2 DESENVOLVIMENTO

Este projeto traz a temática do uso de álcool sob a perspectiva da Geografia da Saúde, utilizando as Geotecnologias como ferramenta de análise sobre causa/efeito do consumo excessivo da droga no estado do Rio Grande do Sul, Brasil. Servindo como instrumento para possíveis ações na manutenção e melhorias nos programas de atenção à saúde básica.

As políticas que surgem para promover o bem estar da população nascem dos estudos realizados na área da saúde, tanto física quanto mental, apoiadas por programas de assistência e acompanhamento de pessoas, e a Geografia Humana pode contribuir para este objetivo, utilizando metodologias ampliadas, que integram as questões locais e da natureza, bem como arranjos sociais e suas culturas que podem de forma direta ou indireta favorecer algum padrão epidemiológico.

A discussão faz-se necessária, uma vez que as bebidas alcoólicas estão a disposição de todos, mesmo com controle por idade, o acesso ao produto é relativamente fácil. Tão simples é o percurso entre o usuário e o local de comércio que muitos jovens menores de idade já consomem com certa frequência o produto.

Toda essa demanda de consumo transforma – se em um problema grave, que se encontra em diferentes escalas, do convívio familiar que muitas vezes se dissolve por problemas comportamentais como agressividade, ou ainda em escala de grandes proporções, como o aumento de moradores de rua que saem de suas casas ou são expulsos pela família e passam a mendigar nas ruas das pequenas e grandes cidades.

As razões que podem proporcionar a procura pelo produto são muitas, sejam problemas associados a algum quadro de depressão ou causas externas como alto consumo em festas.

Já as consequências estão expostas diariamente, nos hospitais, nos estádios esportivos, nas ruas, nas festas e comumente no trânsito associados às doenças e desvios de comportamento sociável.

Temos como objetivo principal tornar visível os efeitos prejudiciais que o consumo excessivo do álcool provoca, proporcionando a conscientização da população do estado do Rio Grande do Sul e contribuindo para ações dos setores de saúde pública.

Nossos objetivos específicos estão associados a importância da discussão sobre a substância e suas causas danosas para a sociedade, bem como o público que o consome, e também a acessibilidade facilitada da droga.

Para espacializarmos o consumo e os efeitos da bebida, utilizamos o programa ArcGIS, por sua pluralidade de temas possíveis de serem demonstrados, e simplicidade no manuseio.

3 METODOLOGIA

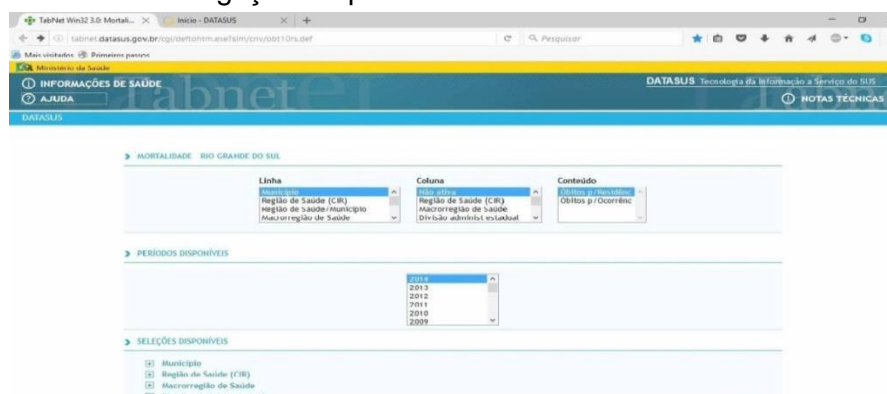
Primeiramente realizamos uma pesquisa teórico-metodológica, para sabermos como integrar informações, analisá-los e conceber o resultado final, abstraindo ao máximo possíveis erros e desacordos entre as teorias das áreas de estudo e a prática na realização dos mapas.

Consultamos a banco de dados DataSUS (Disponível em: <<http://datasus.saude.gov.br/>>) onde coletamos os dados em uma planilha de formato “csv”, sendo necessário alterar para “xls”.

Para chegar aos dados, selecionamos “acesso a informação”, posteriormente fomos na opção TABNET, então seguimos para a seleção de indicadores em Lista, Coluna e Conteúdo, o período disponível até apenas até ano de 2014.

Como causas, escolhemos as relacionadas a doenças no fígado (população geral e ainda separada por sexos), e também por transtornos mentais e comportamentais.

Figura 1- Interface de navegação do portal DataSUS.



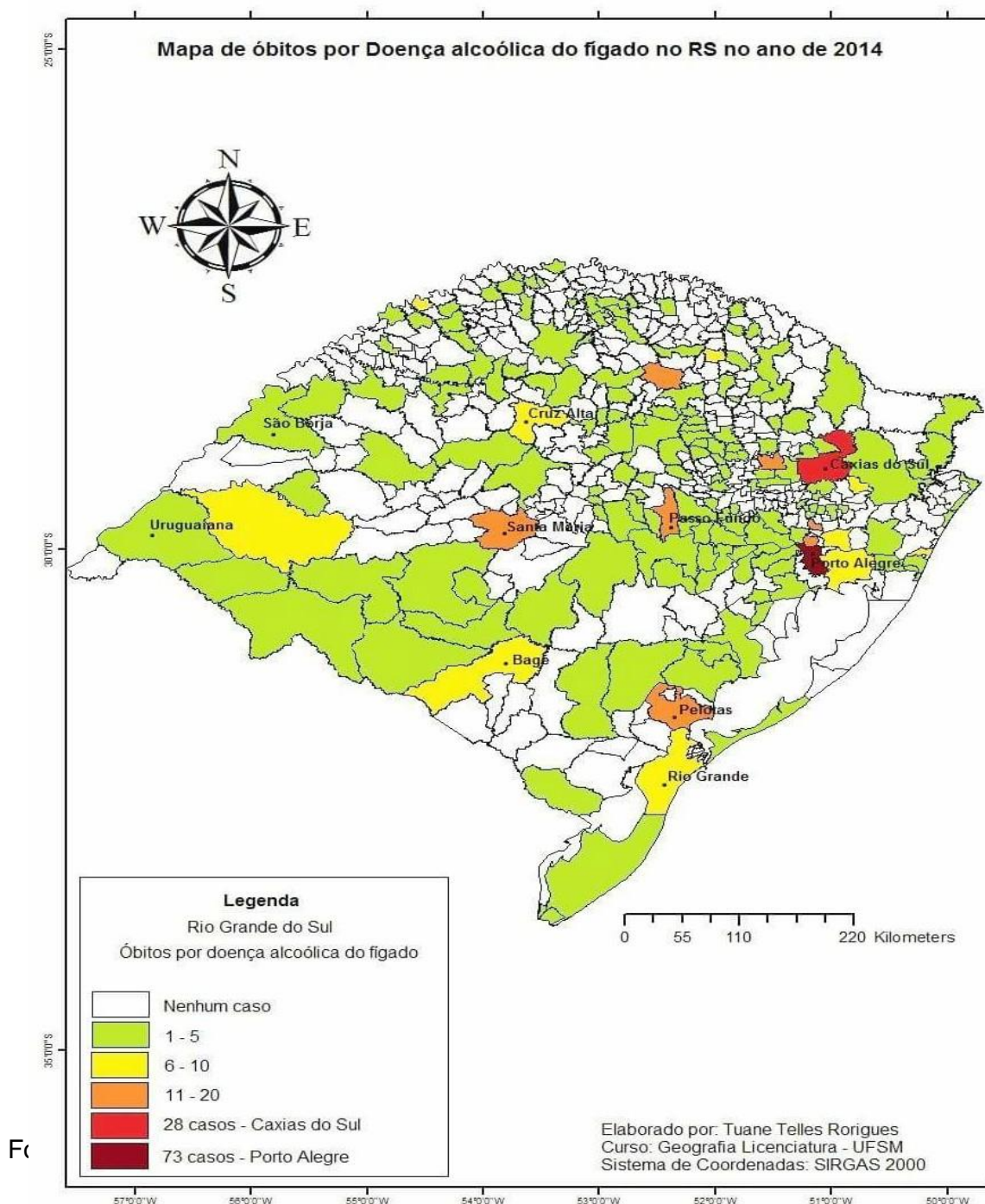
Fonte: Arquivo pessoal.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tendo como resultado, apresentamos o produto final de nossa pesquisa, quatro mapas que expõem os prejuízos à saúde causados pelo excesso de álcool.

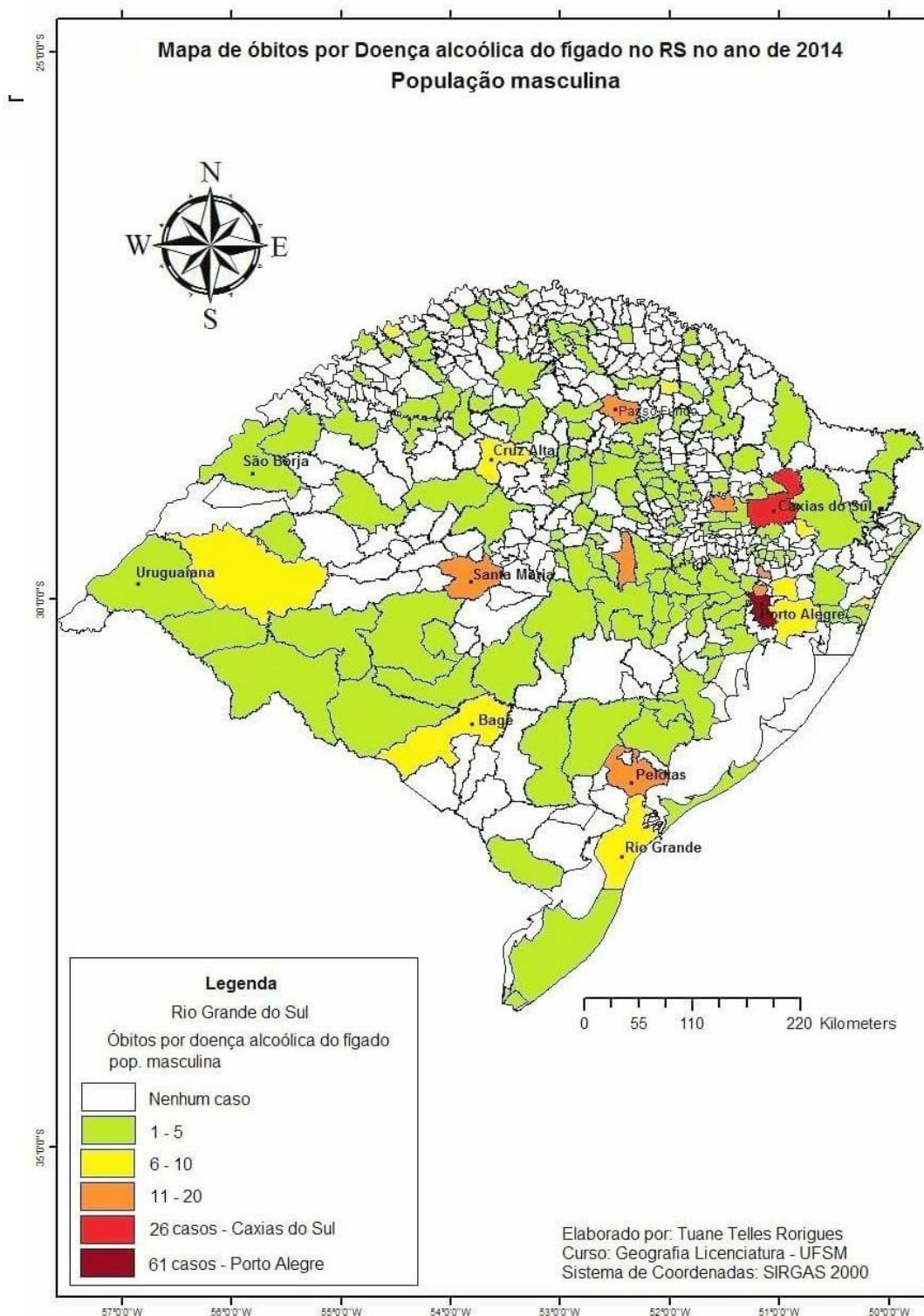
O primeiro mapa mostra a contingência de pessoas (sem distinção por sexo ou idade) que foram a óbito em decorrência de doenças do fígado. Sendo Caxias do Sul e Porto Alegre as cidades onde houve o maior número de casos registrados.

Figura 2 - Mapa de óbitos por Doença alcoólica de fígado no RS no ano de 2014.



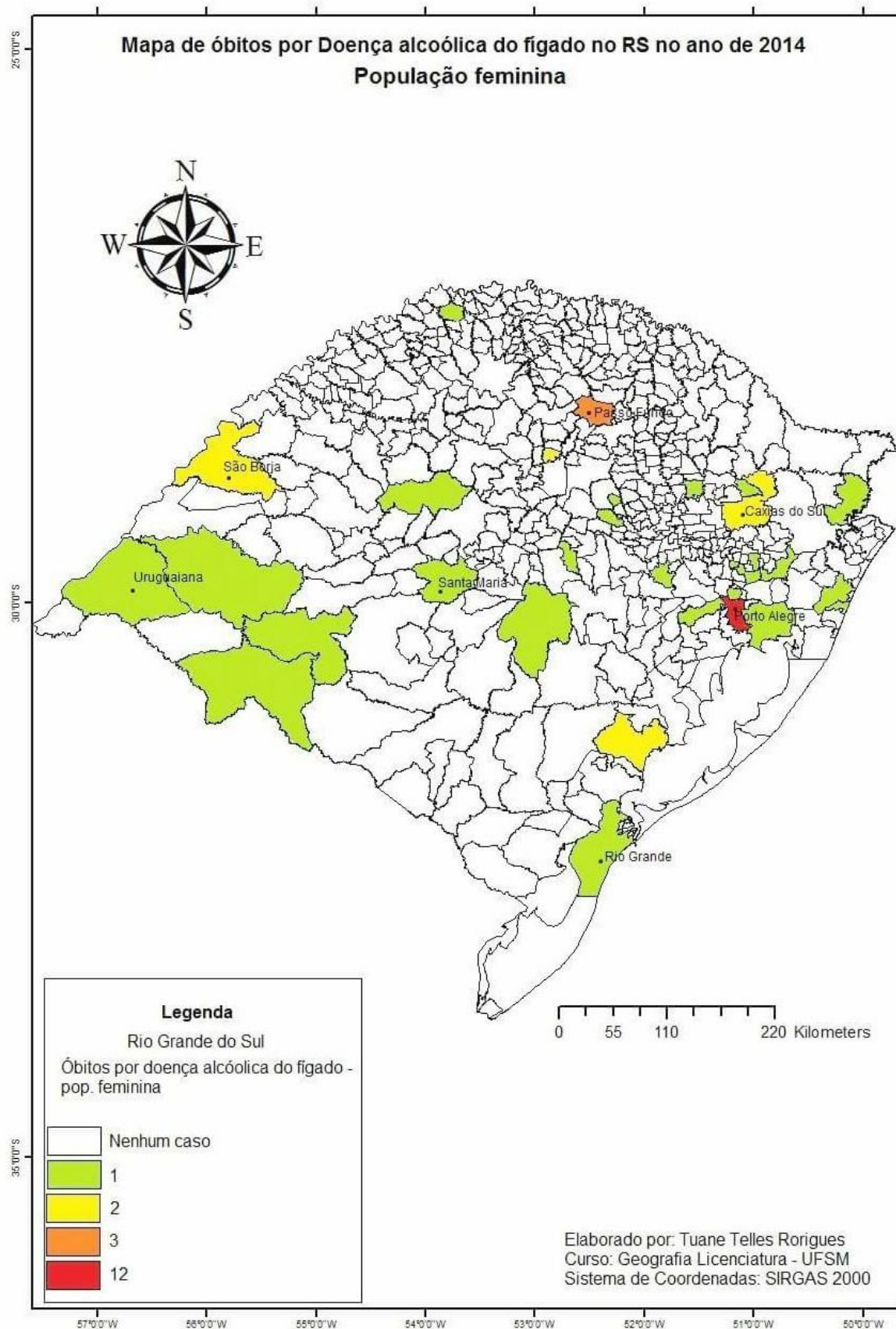
O segundo e terceiro mapas mostram a separação por sexo também, homens e mulheres que tiveram algum tipo de doença no fígado associados ao uso de álcool. Percebemos que os homens ainda são os que mais consomem o produto.

Figura 3 - Mapa de óbitos por doença alcoólica no RS em 2014 – População Masculina



Fonte: Dados obtidos na plataforma DataSUS.

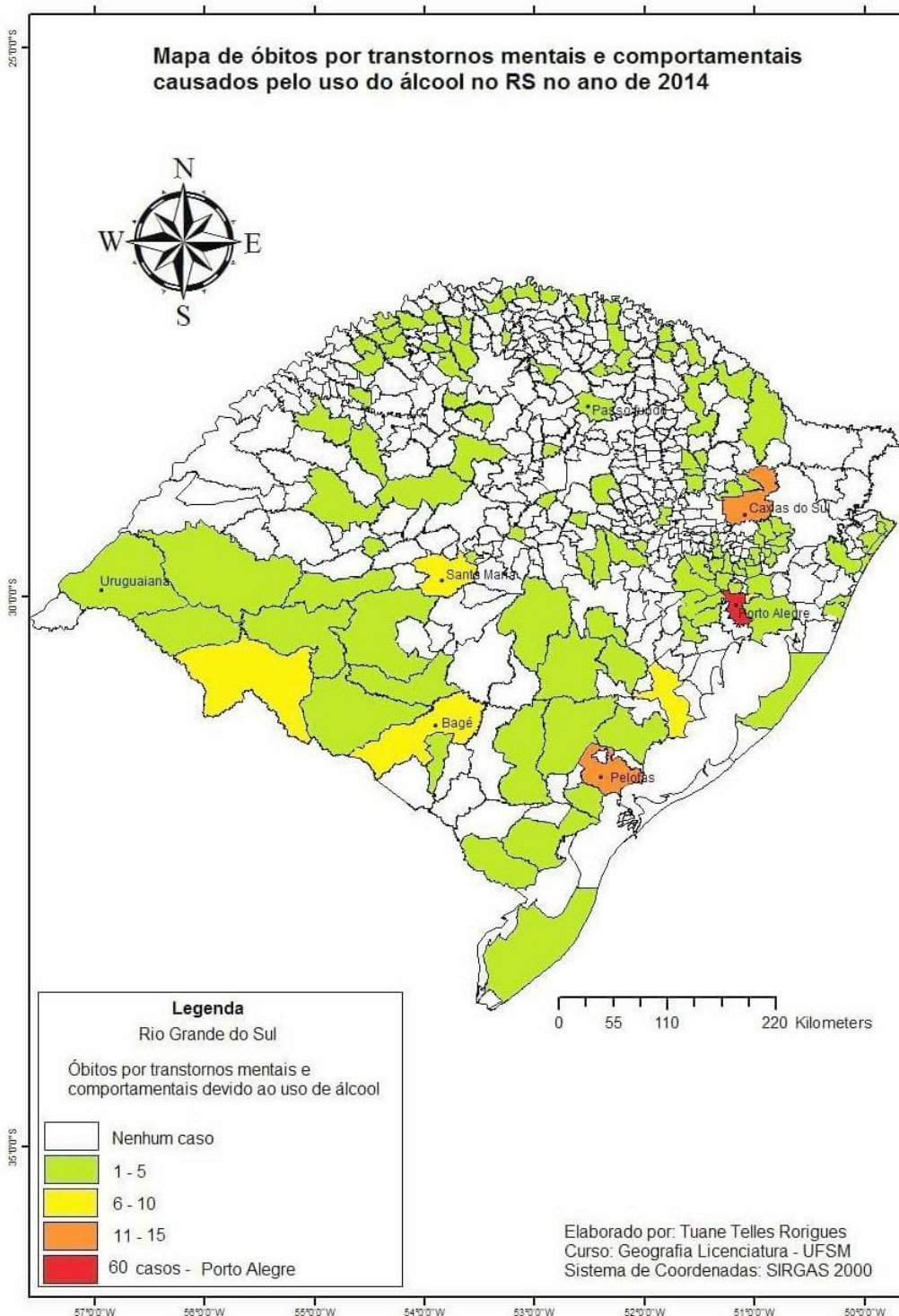
Figura 4 - Mapa de óbitos por doença alcoólica no RS em 2014 – População Feminina



Fonte: Dados obtidos na plataforma DataSUS.

O quarto mapa, traz como tema os falecimentos de pessoas que sofreram algum tipo de transtorno mental ou comportamental. Diferente do mapa anterior, percebemos que esse efeito de aporte psicológico, decorre com grande volume, não havendo nenhuma cidade do estado gaúcho sem a ocorrência.

Figura 5 - Mapa de óbitos por transtornos mentais no RS em 2014.



Fonte: Dados obtidos na plataforma DataSUS.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de drogas é uma discussão importante, com destaque aquela mais consumida pela população, o álcool. Sua importância se dá por seu grande uso, até mesmo por jovens menores de idade.

Este trabalho nos convida a refletir sobre como a população consome o produto, e expõe características atribuídas aos municípios do estado do Rio Grande do Sul, o que propicia outros estudos relativos a sociedade e a cultura, e também a saúde da população.

REFERENCIAS

MORAIS, R. H. S. G. A geografia médica e as expedições francesas para o Brasil: uma descrição da estação naval do Brasil e da Prata (1868-1870). Paris, École des Hautes Études en Sciences Sociales, 2007. V. 14, p. 39-62.

COSTA, M. C. N.; TEIXEIRA, M. G. L. A concepção de “espaço” na investigação epidemiológica. Rio de Janeiro. Cad. Saúde Pública, 1999. P. 271-279.

BOUSQUAT, A.; COHN, A. A dimensão espacial nos estudos sobre saúde: uma trajetória histórica. Manguinhos: História, Ciências, Saúde, 2004. V. 11, p. 549-568.

SILVA, L. J. O conceito de espaço na epidemiologia das doenças infecciosas. Rio de Janeiro: Cad. Saúde Pública, 1997. P. 585- 593.

CZERESNIA, D.; RIBEIRO A. M. O conceito de espaço em epidemiologia: uma interpretação histórica e epistemológica. Rio de Janeiro: Cad. Saúde Pública, 2000. P. 595- 617.

PROPOSTA METODOLÓGICA PARA O ZONEAMENTO DE RISCO CLIMÁTICO DA NOGUEIRA PECÃ (*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch) NO RIO GRANDE DO SUL COM AUXÍLIO DAS GEOTECNOLOGIAS

*Methodology proposal for climate risk zoning of pecan (*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch) in Rio Grande do Sul with geotechnonology*

Franciele Francisca Marmentini Rovani¹, Cássio Arthur Wollmann², Márcio Viera³

¹Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima, n° 1000, Campus UFSM, Prédio 17, Bairro Camobi, CEP: 97105-900, Santa Maria-RS, Brasil. E-mail: franciele.rovani@yahoo.com.br

²Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima, n° 1000, Campus UFSM, Prédio 17, Bairro Camobi, CEP: 97105-900, Santa Maria-RS, Brasil. E-mail: cassio_geo@yahoo.com.br

³Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima, n° 1000, Campus UFSM, Prédio 70, Bairro Camobi, CEP: 97105-900, Santa Maria-RS, Brasil. E-mail: marcio.viera@ufsm.br

RESUMO

O objetivo desta pesquisa consistiu em elaborar uma metodologia para o zoneamento de risco climático da noqueira pecã (*Carya illinoensis*) para o estado do Rio Grande do Sul. Para tanto, destaca-se a criação do banco de dados no sistema de informação geográfica ArcGIS 10.2.2, onde foram integrados dados climatológicos e de risco climático. Como resultado, destaca-se uma proposta metodológica que contempla cinco índices de risco: falta de horas de frio, temperaturas superiores a 35°C, excesso de precipitação, estiagem e excesso de umidade. Os índices foram identificados nas fases fenológicas de expansão foliar, floração, desenvolvimento e maturação dos frutos e dormência de acordo com as classes de muito baixo, baixo, médio, alto e muito alto risco. A espacialização dos dados ocorreu por meio da krigagem ordinária e a integração dos índices de risco, resultando no zoneamento final, por meio da álgebra de mapas. Desta forma, evidenciaram-se as potencialidades do uso das geotecnologias no desenvolvimento desta proposta metodológica.

Palavras-chave: Nogueira pecã. Índices de risco climático. Geotecnologias.

ABSTRACT

This research concerns in develop a methodology for climate risk zoning of pecan (*Carya illinoensis*) in the state of Rio Grande do Sul. Therefore, database was created in ArcGIS 10.2.2 application integrating climate data and climate risk. As a result, there is a methodology that includes five indexes of risk: lack of hours of cold, temperatures higher 35 °C, excess rainfall, drought and excess moisture. The indices were identified in the phenological phases of leaf expansion, flowering, development and maturation of the fruit and dormant according to the very low class, low, medium, high and very high risk. The spatial distribution of data occurred through ordinary kriging and integration of risk indexes, resulting in the final zoning, by map algebra. The study showed the potentiality use of geotechnology in the development of this methodological proposal.

Keywords: Pecan. Climate risk index. Geotechnology.

1 INTRODUÇÃO

Diante dos fenômenos climáticos adversos e da interferência negativa que estes causam na produção agrícola e na economia do país, instituições de pesquisa passaram a desenvolver no Brasil, a partir de 1970, mecanismos que permitissem indicar locais e datas mais apropriadas para o cultivo de determinadas culturas. Dentre esses mecanismos, destaca-se o zoneamento que pode ser dividido em quatro categorias: agrícola, agroclimático, agroecológico ou edafoclimático e de risco climático (WOLLMANN; GALVANI, 2013).

De acordo com Ometto (1981, p. 405) o zoneamento é "... a escolha dos locais mais indicados para as diversas culturas, a fim de obter-se uma maior rentabilidade do capital investido". Em outra perspectiva, Zacarias (2010) destaca que o zoneamento visa ordenar "zonas", ou seja, hierarquizar ou identificar as áreas homogêneas da paisagem para o delineamento das potencialidades e restrições do território.

Desta forma, o zoneamento pode ser compreendido como ferramenta de análise que possibilita identificar, em um determinado espaço geográfico, diferentes áreas/zonas com características relativamente homogêneas, mas não estáticas, ou seja, que podem sofrer alterações de suas características de acordo com o tempo ou com interferências de outros elementos sobre as mesmas. A partir da delimitação destas zonas, podem-se identificar os locais com maior ou menor aptidão de uso, mais vulneráveis ou menos vulneráveis, com riscos baixo ou elevado, dependendo do objetivo a ser alcançado.

O Zoneamento de Risco Climático constitui-se em uma ferramenta de gestão que permite identificar as áreas mais favoráveis para o desenvolvimento do cultivo. Visa relacionar eventos climáticos adversos com o ciclo das cultivares, de forma a diminuir as chances de adversidades climáticas coincidirem com as fases mais sensíveis das culturas (MAPA, 2008).

O desenvolvimento de estudos relacionados ao Zoneamento de Risco Climático merecem destaque não somente na análise de cultivos agrícolas, de caráter temporário, mas também das frutíferas, consideradas cultivos permanentes. Nesta perspectiva, enfoca-se o estudo do cultivo da nogueira pecã (*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch), que pertence à família das *Junglandaceae* e é originária das regiões sudoeste dos Estados Unidos e norte do México, de ocorrência natural nos vales dos rios Mississipi, Ohio, Missouri, Colorado e Guadalupe (MADERO, 2003). É uma espécie importante em sistemas agroflorestais, provendo frutos e madeiras de boa qualidade em consórcio com outras culturas implantadas no sistema (FILIPPIN, 2012). As árvores produzem nozes comestíveis que apresentam alto percentual de proteínas e óleo, este último que pode ser usado também na indústria farmacêutica (MOORE, 2011).

Neste estudo objetiva-se elaborar uma proposta metodológica para o desenvolvimento do zoneamento de risco climático para o cultivo da nogueira peã (*C. illinoensis*) para o Rio Grande do Sul, pelo fato deste cultivo carecer de pesquisas científicas que enfoquem a forma de implantação e condução da cultura no Brasil (ORTIZ; CAMARGO, 2005). Com essa proposta visa-se enfatizar o uso das geotecnologias, especialmente dos Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) e da Cartografia Digital, para a coleta e armazenamento dos dados, bem como, nas análises geográficas e espacialização das informações de maneira rápida e eficaz. Concordando com Ribeiro (2001), os SIGs potencializam a aquisição de dados geográficos, bem como de sua apreciação, o que possibilita a integração de informações geográficas em vários níveis temáticos. Possibilitam ainda, de maneira integrada, a produção de mapas, o suporte para análise espacial de fenômenos e a criação de bancos de dados geográficos com funções de armazenamento e recuperação da informação espacial, por meio de sua arquitetura (CÂMARA et al. 2004).

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 MATERIAIS

Para a realização desta pesquisa foi necessário coletar dados de fontes primárias e secundárias referentes a dados climáticos, de fenologia e exigências climáticas da cultura. Os dados climáticos são imprescindíveis para a análise e definição dos riscos climáticos. Os dados referentes à fenologia e exigências climáticas foram utilizados como referenciais para a identificação dos principais riscos climáticos para a cultura da noqueira pecã, que resultaram no zoneamento.

Os dados de fenologia da noqueira pecã a respeito das três fases do cultivo (desenvolvimento vegetativo, reprodutivo e senescência), bem como do seu período de início e fim indispensáveis para a análise dos riscos climáticos, foram adquiridos junto a pesquisas científicas, empresas de produção e beneficiamento das nozes e junto aos técnicos da EMATER-RS dos principais municípios produtores. Os dados climáticos em escala temporal diária e horária foram obtidos em um período de 15 anos, isto é de 1998 a 2013, com exceção do ano de 2001, junto às 23 estações convencionais da rede do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) localizadas no Estado. As variáveis climáticas coletadas foram temperatura média, temperatura máxima média, temperatura mínima média, temperatura máxima e mínima absoluta, precipitação pluviométrica e umidade relativa do ar.

2.2 MÉTODOS

Para a elaboração desta proposta foi necessário consultar referenciais teóricos nacionais e internacionais referentes aos requerimentos climáticos do cultivo em sua região de origem e na área de estudo, principais fases fenológicas do cultivo e ocorrência de fenômenos climáticos adversos nestas fases. Além disso, realizou-se trabalho de campo para obter informações junto a técnicos agrícolas que prestam assistência técnica e entrevistas com alguns produtores do cultivo da noqueira pecã no Estado.

Os requerimentos climáticos modificam-se de acordo com as variedades de noqueiras implantadas e sua adaptação em regiões distintas. Estudos apontam que as temperaturas indicadas para a estação de crescimento da noqueira situam-se entre 24 e 30°C e temperaturas abaixo de 7°C durante o repouso vegetativo, com predomínio de acúmulo de mais de 400 horas de frio (RASEIRA, 1990). A espécie é tolerante a geadas, porém as primaveris e outonais são prejudiciais. Apresenta necessidade hídrica considerável acima de 800 mm anuais (MADERO; FRUSSO; BRUNO, 2012). De acordo com Mota e Zahler (1994), a noqueira pecã desenvolve-se bem nas regiões de clima temperado e subtropical, com temperaturas baixas durante o inverno para o repouso vegetativo, e necessita de altas temperaturas no verão, favorecendo o florescimento e a frutificação. Desta forma, as principais exigências climáticas identificadas para o desenvolvimento do cultivo constituem-se na temperatura do ar, umidade relativa do ar, precipitação e exigência de horas de frio.

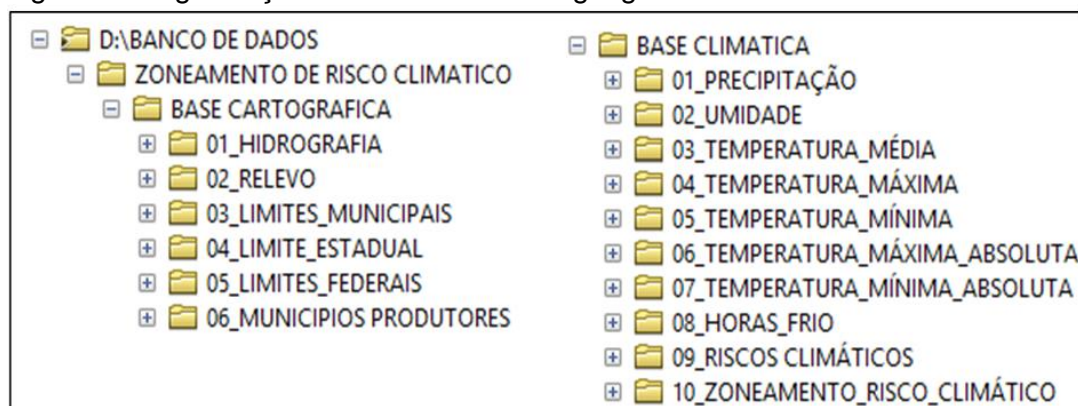
As temperaturas superiores a 35°C são prejudiciais, pois reduzem o crescimento vegetativo da noqueira pecã, aumentam a queda prematura dos frutos, diminuem seu tamanho e o acúmulo de óleo (RASEIRA, 1990). Grageda et al. (2013) destaca ainda que estas temperaturas influenciam na polinização, na floração e na formação dos frutos, resultando em poucos frutos por ramos, em função de que existe um alto risco do pólen desidratar-se. Concordando ainda com os autores, para este cultivo, a falta de frio (temperaturas inferiores a 7,2°C) no período de dormência das plantas resulta em brotações deficientes com folhas raquíticas e poucas ramificações, floração irregular e o rendimento tende a ser muito abaixo do potencial.

As estiagens, bem como as secas de curto período (final de fevereiro e início de março) podem causar desfolhamento prematuro, o que suprime a formação da flor em árvores com grande frutificação (SPARKS, 1996). Segundo o mesmo autor, a ocorrência

de secas durante os meses de dezembro a fevereiro resulta em nozes pequenas ou mal preenchidas durante a elongação e expansão dos frutos e formação da amêndoa quando houver condições de umidade inadequada do solo. As precipitações excessivas durante o período de colheita das nozes podem ocasionar um comportamento irregular no próximo ano (SPARKS, 1996). Chuvas constantes no período de florescimento, bem como umidade relativa elevada podem prejudicar a polinização (MOTA; ZAHLER, 1994). O desenvolvimento da amêndoa e sua qualidade poderão ser suprimidas devido às chuvas excessivas durante o período de crescimento (SPARKS, 1995; 1996). As chuvas excessivas associadas à alta umidade também propiciam o desenvolvimento da sarna (*Cladosporium caryigenum* (Ellis & Langl.) Gottwald), a maior doença de folhas e frutos da pecã, influenciando diretamente sua produção (RASEIRA, 1990; SPARKS, 1996). A umidade relativa do ar superior a 80% dificulta a liberação do pólen das flores masculinas, resultando assim em menor fecundação e, além disso, aumenta a probabilidade de ocorrência de enfermidades fúngicas (BRISON, 1976).

Após terem sido definidas as bases teóricas na identificação dos riscos climáticos, criou-se um banco de dados no SIG ArcGIS 10.2.2. O banco de dados armazenou as informações referentes às normais climatológicas coletadas, bem como dos índices de risco, com auxílio da tabela de atributos do SIG. No banco de dados foi possível o gerenciamento e execução de operações de consulta, atualização, visualização e análise das informações. Para melhor organização dos dados, os mesmos foram integrados em pastas e subpastas. Definiram-se duas pastas principais: uma com as informações referentes à base cartográfica da área de estudo e outra com os dados climáticos e dos riscos do cultivo (Figura 1).

Figura 1 - Organização do banco de dados geográficos no SIG.



A base cartográfica da área de estudo foi elaborada com apoio da malha digital municipal no formato *shapefile* (arquivo vetorial) do estado do Rio Grande do Sul obtida junto ao IBGE (2015). Utilizou-se também uma imagem SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), em forma de mosaico (arquivo raster) para todo o Estado, organizada por Weber, Hasenack e Ferreira (2000). Com base nos dados coletados e nos referenciais teóricos que nortearam o delineamento metodológico, definiu-se os índices de risco que compõem o zoneamento de risco climático. Na espacialização dos índices de risco utilizou-se o interpolador *kriging*. O interpolador *kriging* é baseado numa função contínua, que explica o comportamento de uma variável nas distintas direções de um espaço geográfico (GARDIMAN JUNIOR, et al., 2012). Permite associar a variabilidade da estimacão com base na distância que existe entre um par de pontos, pelo uso de um semivariograma, o qual possibilita verificar o nível de similitude que existe entre estes, à medida que se afastam. Segundo Barbosa (2006) a aplicação prática da *krigagem* pontual é voltada para a representação gráfica de dados geográficos, seja por mapas de isovalores (isotermas, isoietas) ou, por meio de superfícies tridimensionais, obtidas pela projeção perspectiva da malha regular.

3 RESULTADOS

A proposta de Zoneamento de Risco Climático contempla as características específicas do cultivo da noqueira pecã, relacionado à ocorrência de fenômenos adversos nas fases de desenvolvimento mais sensíveis do cultivo. Para a implementação da metodologia, foi de fundamental importância organizar um banco de dados em um Sistema de Informações Geográficas (SIG) que permita realizar análises espaciais.

Além disso, foi necessário coletar e realizar o tratamento estatístico das variáveis climatológicas, em série temporal, da umidade relativa do ar, da precipitação pluviométrica anual, da temperatura máxima absoluta, bem como do número de horas de frio para o período de maio a setembro. Recomenda-se organizar os dados em uma planilha dinâmica do *Microsoft Office Excel*, pois alguns índices de risco foram elaborados com base na ocorrência no número de dias do fenômeno adverso.

A determinação dos riscos climáticos, bem como os valores aceitáveis baseou-se nas características climáticas da área de estudo, juntamente com as características da região de origem da noqueira, fundamentalmente embasados nos estudos desenvolvidos por Sparks (1996; 1997; 2005) e Sierra, López e Pérez (2007). Definiu-se como riscos climáticos à cultura da noqueira pecã, no Rio Grande do Sul, a falta de horas de frio, as temperaturas superiores a 35°C, o excesso de precipitação, as estiagens e o excesso de umidade relativa associando-os às fases fenológicas em que os mesmos podem apresentar ocorrência, bem como as classes de risco e seus intervalos. O intervalo entre cada classe foi definido por meio da amplitude (diferença entre o valor mínimo e máximo) pelo número de classes, quando houvesse, ou pela frequência da ocorrência do número de dias com incidência do risco.

Índice de risco de falta de horas de frio (temperaturas inferiores a 7,2°C) no período de dormência das plantas (maio a setembro):

- 1) Horas de frio entre 300 a 350 horas: muito baixo
- 2) Horas de frio entre 250 a 300 horas: baixo
- 3) Horas de frio entre 200 a 250 horas: médio
- 4) Horas de frio entre 150 a 200 horas: alto
- 5) Horas de frio abaixo de 150 horas: muito alto

Índice de risco de temperaturas superiores a 35°C na polinização e floração (outubro a novembro) e na formação dos frutos (janeiro e fevereiro) com base na frequência das ocorrências do número de dias em que a temperatura máxima (T_{máx}) foi superior a 35°C:

- 1) T_{máx} superior a 35°C até 2 dias: muito baixo
- 2) T_{máx} superior a 35°C até 3 dias: baixo
- 3) T_{máx} superior a 35°C até 4 dias: médio
- 4) T_{máx} superior a 35°C até 5 dias: alto
- 5) T_{máx} superior a 35°C maior que 5 dias: muito alto

Índice de risco de excesso de precipitação no período de expansão foliar (setembro e outubro), floração e polinização (outubro e novembro) e formação dos frutos (dezembro, janeiro e fevereiro) com base na frequência da ocorrência de dias consecutivos:

- 1) Pluviosidade consecutiva durante 2 dias: muito baixo
- 2) Pluviosidade consecutiva até 3 dias: baixo
- 3) Pluviosidade consecutiva até 4 dias: médio
- 4) Pluviosidade consecutiva até 5 dias: alto
- 5) Pluviosidade consecutiva superior a 5 dias: muito alto

Índice de risco de estiagem na estação de crescimento das nozes (outubro a abril) que compreende os estágios fenológicos de floração (outubro e novembro), formação e maturação dos frutos (dezembro a abril):

- 1) Pluviosidade entre 687,5 a 750 mm ano: muito baixo
- 2) Pluviosidade entre 625 a 687,5 mm ano: baixo
- 3) Pluviosidade entre 562,5 a 625 mm ano: médio
- 4) Pluviosidade entre 500 a 562,5 mm ano: alto
- 5) Pluviosidade inferior a 500 mm ano: muito alto

Índice de excesso de umidade relativa do ar no período de floração e polinização (outubro e novembro) com base na frequência da ocorrência de dias consecutivos com umidade relativa do ar acima de 80%:

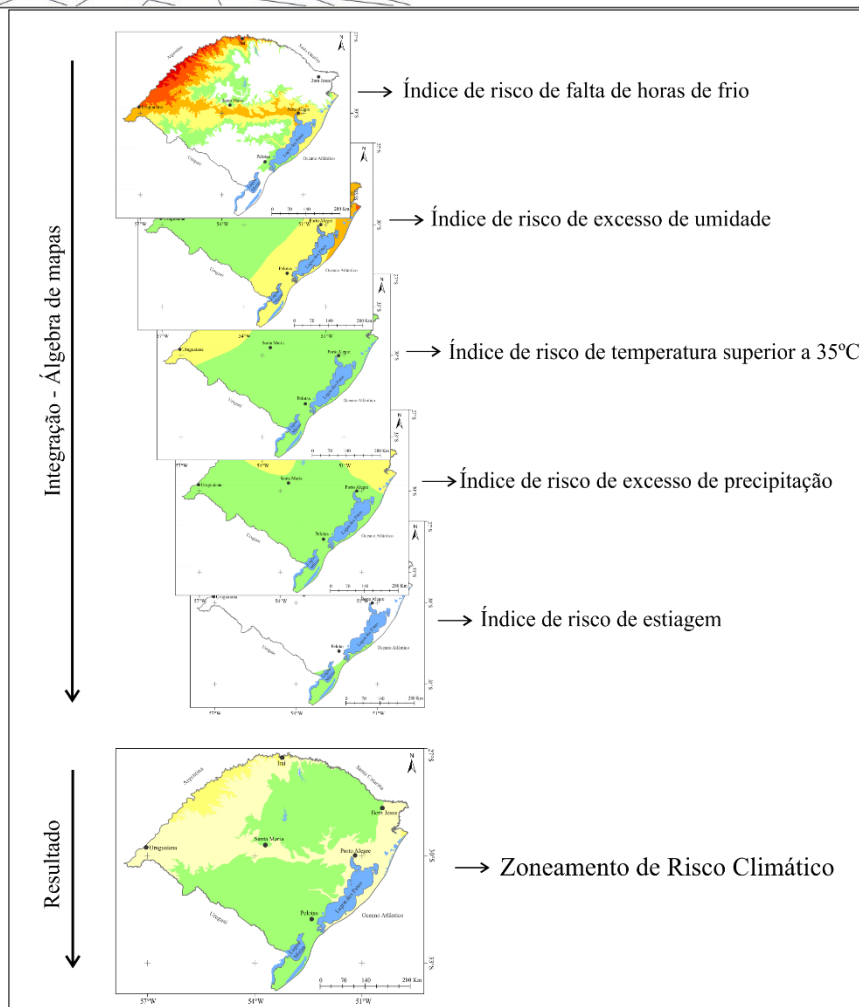
- 1) Umidade relativa do ar acima de 80% durante 3 a 4 dias consecutivos: muito baixo
- 2) Umidade relativa do ar acima de 80% durante 5 dias consecutivos: baixo
- 3) Umidade relativa do ar acima de 80% durante 6 dias consecutivos: médio
- 4) Umidade relativa do ar acima de 80% durante 7 dias consecutivos: alto
- 5) Umidade relativa do ar acima de 80% superior a 8 dias consecutivos: muito alto

Deste modo, estabeleceram-se para cada risco climático os valores mínimos e máximos aceitáveis, podendo assim identificar as áreas em cinco classes temáticas: risco muito baixo, baixo, médio, alto e muito alto e sua caracterização (Tabela 1).

Tabela 1 - Classificação do risco climático, peso e caracterização da área de acordo com o risco.

Classificação do	Caracterização da área de acordo com o risco
Muito Baixo	Áreas com melhores condições para o cultivo da nogueira pecã, porém podendo ocorrer
Baixo	fatores adversos para o cultivo.
Médio	Áreas em que predominam índices de risco moderado, que podem influenciar na
Alto	Áreas menos indicadas para o cultivo, em que
Muito Alto	a produtividade poderá ser baixa e afetar o cultivo por um ou mais anos.

Para todas as classes de risco atribuiu-se um peso (valor numérico) para a espacialização dos dados no SIG por meio da interpolação pelo método da krigagem ordinária, modelo de semivariograma esférico. Assim, a classe de risco muito baixo recebeu peso um, o baixo dois, e assim, sucessivamente. Para a elaboração do Zoneamento de Risco Climático, integração dos cinco índices de riscos, utilizou-se a ferramenta de álgebra de mapas denominada de *Raster Calculator* do SIG ArcGis 10.2.2, que resultou no mapa síntese do zoneamento (Figura 2).



A integração dos índices de risco de falta de horas de frio, temperaturas superiores a 35°C, estiagem, excesso de precipitação e umidade relativa do ar resulta no Zoneamento de Risco Climático a partir de análises espaciais inerentes a um SIG. As classes de risco muito baixo, baixo, médio, alto e muito alto permitem identificar as áreas/zonas mais ou menos favoráveis para o desenvolvimento do cultivo nas suas particularidades, ou seja, em determinada fase fenológica, quanto no geral, no mapa síntese do zoneamento.

4 CONCLUSÕES

A proposta metodológica para a elaboração do Zoneamento de Risco Climático para o cultivo da noqueira pecã no estado do Rio Grande do Sul foi possível de ser realizada a partir de bases científicas nacionais e internacionais, sobre o cultivo da espécie. A metodologia contempla a análise de cinco índices de risco, derivados dos principais fenômenos adversos do cultivo da noqueira pecã nas suas fases fenológicas mais críticas.

A metodologia proposta foi satisfatória, pois possibilitou integrar os índices de risco de falta de horas de frio, temperaturas superiores a 35°C, estiagem, excesso de precipitação e umidade relativa, resultando no zoneamento. Destaca-se que, no desenvolvimento de futuras pesquisas, as quais visem abordar o zoneamento de risco climático, poderão utilizar esta proposta, fazendo as adaptações necessárias de acordo com o cultivo em estudo, bem como dos riscos a serem estudados.

REFERÊNCIAS

BARBOSA, J. P. M. Utilização de método de interpolação para análise e espacialização de dados climáticos: o SIG como ferramenta. **Caminhos de Geografia**. v. 9, n. 17, p. 86 – 96, 2006.

BRISON, R. F. **Cultivo del nogal pecanero**. México: CONAFRUT, 1976. 350p.

CÂMARA, G. et al. Análise espacial e geoprocessamento. In: DRUCK, S. et al. (Ed. Técnicos). **Análise espacial de dados geográficos**. Platina: Embrapa Cerrados, 2004.

FILIPPIN, I. L. **Viabilidade econômica do cultivo de nogueira pecã em áreas de reserva legal e de preservação permanente**. 2012. 74 f. Dissertação (Mestrado Ciência e Tecnologia de Sementes) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2012.

GARDIMAN JUNIOR, et al. Análise de técnicas de interpolação para espacialização da precipitação pluvial na bacia do rio Itapemirim (ES). **Ambiência**. Guarapuava. v. 08, n. 01, p. 61-71, 2012.

GRAGEDA, J. G. et al., El clima y la producción de nogal pecanero. In: XIV SIMPOSIO INTERNACIONAL DE NOGAL PECANEIRO, 2013, México. **Anais...** México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, 2013, p. 55-66.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Malha digital municipal**. Formato *shapefile*. Rio de Janeiro: IBGE, 2015. Disponível em: <http://downloads.ibge.gov.br/downloads_geociencias.htm>. Acesso em: 14 abr. 2015.

MADERO, E. La nuez pecán. **IDIA XXI**, Argentina, v. 3, n. 5, p. 78 – 82, 2003.

MADERO, E. R.; FRUSSO, E. A.; BRUNO, N. R. **Desarrollo del cultivo de la nuez pecan en la Argentina**. ProPecan. Argentina: INTA, 2012. Não paginado.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa Nº 2, de 9 de outubro de 2008**. Zoneamento Agrícola de Risco Climático. 2008. Disponível em: <http://www.abdir.com.br/legislacao/legislacao_abdir_13_10_08_1.pdf>. Acesso em: 19 dez. 2012.

MOORE, L. M. **Pecan**. National Plant data Center. Baton Rouge, Louisiana, 2011. Disponível em: <http://plants.usda.gov/plantguide/pdf/cs_cail2.pdf>. Acesso em: 18 dez. 2012.

MOTA, F. S. da; ZÄHLER, P. J. M. **Clima, agricultura e pecuária no Rio Grande do Sul**. Pelotas: Livraria Mundial, 1994. 166 p.

OMETTO, J. C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 1981, 425 p.

ORTIZ, E. R. N.; CAMARGO, L. E. A. Doenças da Nogueira Pecan. In: KIMATI, H. et al. (Ed.). **Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**. 4. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 2005, p. 501–505.

RASEIRA, A. **A cultura da Nogueira pecã**. Comunicado Técnico. Pelotas: EMBRAPA, nº 63, p. 3, abr. 1990.

RIBEIRO, G. P. Tecnologias digitais de Geoprocessamento: Sistemas de Informação Geográfica (SIG). In: ARCHELA, R. S.; FRESCA, T. M.; SALVI, R. F. (Org.) **Novas tecnologias**. Londrina: Ed. UEL, 2001. p. 1 - 12.

SIERRA, E. M.; LÓPEZ, E. L.; PÉREZ, S. P. Agroclimatología del pecán (*Carya illinoensis*) en la Argentina. In: LAVADO, R. S.; FRUSSO, E. A. (Org.). **Producción de pecán en Argentina**. Buenos Aires: [s.n], 2007. p. 1-10.

SPARKS, D. A. A Climatic approach to pecan scab control. **HortTechnology**. v. 5, n. 3, p. 225 - 230, 1995.

SPARKS, D. A. A Climatic Model for Pecan Production under Humid Conditions. **Journal of the American Society Horticultural Science**, v. 121, n. 5, p. 908 - 914, 1996.

SPARKS, D. A. A climatic model for predicting Georgia's pecan production. **Proc. S. E. Pecan Growers Assn**, v. 90, p. 32 - 44, 1997.

SPARKS, D. A. Adaptability of Pecan as a Species. **HortScience**, v. 40, n. 5, p. 1175 – 1189, 2005.

WEBER, E.; HASENACK, H.; FERREIRA, C. J. C. **Adaptação do modelo digital de elevação do SRTM para o sistema de referência oficial brasileiro e recorte por unidade de federação**. Porto Alegre: UFRGS – Centro de Ecologia, 2000. Disponível em: <<http://www.ecologia.ufrgs.br/labgeo>>. Acesso em: 14 abr. 2015.

WOLLMANN, C. A.; GALVANI, E. Zoneamento Agroclimático: linhas de pesquisa e caracterização teórica - conceitual. **Sociedade & Natureza**, v. 25, n. 1, p. 179-190, jan/abr. 2013.

ZACHARIAS, A. A. **A representação gráfica das unidades de paisagem no zoneamento ambiental**. São Paulo: Ed. da UNESP, 2010. 212 p.

TÉCNICAS DE MINERAÇÃO DE DADOS EMPREGADAS NA CLASSIFICAÇÃO DE IMAGENS OBTIDAS POR VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO (VANT)

*Data mining techniques employed in image classification obtained by
Unmanned Aerial Vehicle (UAV)*

Luis Fernando Chimelo Ruiz ¹, Laurindo Antonio Guasselli ², Cristiano Lima Hackmann ³
^{1, 2, 3} Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), CEP: 91509-900, Porto Alegre – Rio
Grande do Sul, Brasil, ruiz.ch@gmail.com, laurindo.guasselli@ufrgs.br, cristiano.hackmann@ufrgs.br

RESUMO

Análise de imagens baseada em objetos proporciona a redução da variabilidade radiométrica de imagens com resolução espacial submétrica e a extração de atributos preditivos contextuais e geométricos. Esses atributos preditivos aumentam a dimensionalidade dos dados, dificultando a classificação da cobertura e uso da terra. Este trabalho tem como objetivo avaliar a relevância dos atributos preditivos e a redução da dimensionalidade por meio da importância Gini. Essas reduções no conjunto de atributos serão avaliadas para três classificadores não paramétricos. A metodologia foi implementada utilizando a linguagem de programação Python e a biblioteca de mineração de dados Scikit-Learn. Os classificadores Máquina Vetores de Suporte e Floresta Aleatória resultaram em valores de acurácias iguais e foram superiores ao método K-Vizinhos mais Próximos. O valor de limiar de relevância igual a 2% proporcionou uma redução no conjunto de atributos preditivos de 61,1%, resultando nos maiores valores dos Kappas para os três métodos de classificação.

Palavras-chave: Cobertura e uso da terra. Classificadores não paramétricos. Análise de imagens baseada em objetos.

ABSTRACT

Object-Based Image Analysis provides for reducing the radiometric variability of images with spatial resolution submetric and extraction of contextual and geometric predictive attributes. These predictive attributes increase the dimensionality of the data, making it difficult the classification of cover and land use. This work aims to evaluate the relevance of predictive attributes and the reduction of dimensionality by Gini importance. These reductions in the set of attributes will be evaluated for three non-parametric classifiers. The methodology was implemented using the Python programming language and data mining library scikit-learn. The Support Vector Machine classifier and Random Forest resulted in equal accuracies and were higher to K-Nearest Neighbors. The relevant threshold value equal to 2% led to a reduction in the number of predictive attributes of 61.1%, resulting in higher values of Kappa to the three classification methods.

Keywords: Land cover/Land use. Non-parametric classifiers. Object-Based Image Analysis.

1 INTRODUÇÃO

Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs) surgiram como um rápido e eficiente sistema de aquisição de imagens aéreas. Essas imagens podem ser adquiridas com uma resolução espacial submétrica e com uma alta resolução temporal (COLOMINA; MOLINA, 2014). O fluxo de trabalho com essas imagens inclui planejamento da missão, aquisição das imagens, calibração da lente para orientação interior, alinhamento das imagens, otimização do alinhamento, determinação da nuvem de pontos densa, construção da malha triangular e exportação da ortoimagem, do Modelo Digital de Elevação (MDE) e da nuvem de pontos (NEX; REMONDINO, 2014).

A ortoimagem com resolução espacial submétrica proporciona a classificação da cobertura e uso da terra em grandes escalas, mas sua classificação é dificultada devido à alta variabilidade radiométrica das classes de mapeamento (LECHNER et al., 2012). Uma das alternativas para diminuir essa variabilidade radiométrica é aplicando uma segmentação na ortoimagem, assim os pixels serão agrupados em objetos (regiões) homogêneos. Essa metodologia é denominada como Análise de Imagens Baseada em Objetos (*Object-Based Image Analysis* – OBIA). A OBIA possibilita a extração de atributos preditivos contextuais e geométricos, aumentando a dimensionalidade do conjunto de atributos (BLASCHKE, 2010).

Esse aumento da dimensionalidade prejudica a acurácia das classificações. Devido a isso, estão sendo empregadas técnicas de mineração de dados para selecionar os atributos preditivos mais relevantes (LALIBERTE; FREDRICKSON; RANGO, 2012) e para classificar os objetos obtidos pela segmentação (HELLESEN; MATIKAINEN, 2013).

Dentre as técnicas de mineração de dados para selecionar os atributos preditivos, está a importância Gini. Para classificar os objetos em classes de cobertura e uso da terra, estão o K-Vizinhos mais Próximos (KVP)(QIAN et al., 2015), o Floresta Aleatória (FA)(LALIBERTE; FREDRICKSON; RANGO, 2015) e a Máquina de Vetores Suporte (MVS) (CHUTIA et al., 2014).

O método KVP baseia-se na determinação de amostras de treinamento mais próximas aos dados sem classes, assim esses dados são classificados em relação à classe mais frequente dos vizinhos selecionados (OOI; NG; LIM, 2013). O método FA é um classificador do tipo comitê ou "*ensemble*", esse método gera várias árvores de decisões para determinar a classe de uma amostra. Cada uma dessas árvores dá um voto que indica sua decisão sobre a classe à qual pertencerá uma determinada amostra. A amostra pertencerá à classe com o maior número de votos (FENG; LIU; GONG, 2015). Já o MVS consiste na teoria de aprendizagem estatística e tem o objetivo de determinar a localização das fronteiras de decisão, que produzem a separação ótima das classes (CORTES; VAPNIK, 1995).

Trabalhos como o de Laliberte et al. (2012) apontam que a redução da dimensionalidade do conjunto de atributos preditivos pela importância Gini, ou seja, a seleção de atributos mais relevantes, proporcionaram um aumento das acurácias das classificações de imagens obtidas por VANT. Hellesen e Matikainen (2013) também utilizaram a importância Gini para selecionar atributos mais relevantes em seu estudo, os autores relatam que conseguiram classificar pequenos arbustos e árvores em uma imagem multispectral obtida por VANT, com acurácias semelhantes à interpretação visual. No entanto, faltam estudos que tenham avaliado diferentes limiares de relevâncias na formação do conjunto de atributos preditivos que compõem as amostras de treinamento.

Devido a isso, este trabalho tem como objetivo avaliar diferentes limiares de relevâncias na formação do conjunto de atributos preditivos obtidos por meio de uma ortoimagem coletada por VANT e avaliar o desempenho dos classificadores KVP, FA e MVS para cada conjunto de atributos preditivos formado.

2 METODOLOGIA

2.1 AQUISIÇÃO DA ORTOIMAGEM

As imagens foram coletadas com a câmara Sony, modelo ILCE-7R, com resolução de 36,4 megapixel acoplada ao VANT Echar 20B. Essa câmara captura imagens nas bandas do Infravermelho Próximo (IVP - 670 a 770 nm), azul (370-520 nm) e verde (470-570 nm). O voo foi realizado no dia 21 de julho de 2014, aproximadamente às 13h00min (horário local), na Estação Experimental da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), no município de Eldorado do Sul, RS. Compreendida pelas coordenadas geodésicas 30° 5'9.32" sul, 51°41'3.98" oeste e 30° 5'45.19" sul e 51°40'31.11" oeste. O voo foi realizado sobre uma área de 73,15 ha, com um recobrimento entre faixas de 80% e entre imagens de 60%, para uma resolução espacial de 0,15 m. Para georreferenciar a ortomagem, foram utilizadas as coordenadas coletadas pelo Sistema de Posicionamento Global do VANT, que utiliza o método de posicionamento absoluto.

O processamento das imagens foi realizado no programa PhotoScan (AgiSoft LLC, Petersburg, Rússia). O PhotoScan possui um fluxo automatizado para processar as imagens, utilizando, para isso, algoritmos de visão computacional. As etapas seguidas no programa foram as seguintes: inserção dos dados auxiliares (parâmetros da lente, dados do IMU e do Sistema de Posicionamento Global); alinhamento das imagens; otimização do alinhamento das imagens; determinação da nuvem de pontos densa; construção da malha triangular e exportação da ortomagem (AGISOFT, 2015).

2.2 SEGMENTAÇÃO DA ORTOIMAGEM

A segmentação da ortomagem foi gerada pelo método crescimento por regiões, disponível no programa Spring (ESPINDOLA et al., 1996). A escolha desse método de segmentação foi baseada em resultados obtidos por Neubert et al. (2006). Para realizar a segmentação, é necessário especificar dois parâmetros: um para o limiar de similaridade e outro para o tamanho mínimo das regiões. Foram utilizados os valores 10 e 100 para os parâmetros similaridade e o tamanho mínimo, respectivamente, com base em Teodoro e Araújo (2014).

2.3 ATRIBUTOS PREDITIVOS

Os atributos preditivos na OBIA representam as informações de contexto, limites, formas e variações de tons e apoiam a classificação da cobertura da terra (BLASCHKE, 2010). Neste trabalho, foram utilizados atributos geométricos, contextuais, espectrais e texturais, os quais estão descritos na Tabela 1:

Tabela 1 – Atributos preditivos.

Tipos de atributos	Atributos preditivos	Referências
Geométricos	Compacidade; suavidade; retangularidade; isometria; anisometria; <i>bulkiness</i> ; densidade; excentricidade; circularidade; fator de forma circular e área.	Ferreira et al. (2013)

Contextuais	Cálculo da diferença média dos valores das bandas do objeto entre seus vizinhos (dif-Media-IVP, dif-media-verde e dif-media-azul).	Laliberte e Rango (2011)
Espectrais	<p>- Cálculos dos valores médios e o Desvio Padrão (DP) das bandas do azul, do verde e do infravermelho próximo (IVP) (media-azul, DP-azul, media-verde e DP-verde, media-IVP e DP-IVP);</p> <p>- Razões entre as bandas: IVP com azul (r-IVP-a), razão do IVP com o verde (r-IVP-v) e a razão da banda do verde com a azul (r-v-a).</p>	Laliberte e Rango (2011)
Texturais	Extração de 13 características de texturas a partir da matriz de coocorrência dos níveis de cinza, nas quais foram: Segundo Momento Angular (SMA), correlação, entropia, contraste, Média da Soma (MS), Entropia da Diferença (ED), Entropia da Soma (ES), Variância (VAR), Momento Inverso da Diferença (MID), Variância da Diferença (VD), Variância da Soma (VS), Medidas da Correlação da Informação (MCI) e Coeficiente de Correlação Máxima (CCM).	Haralick (1973); Laliberte e Rango (2009)

2.4 CLASSIFICAÇÃO E VALIDAÇÃO

Para determinar as amostras de treinamento, foi gerada uma grade regular com equidistâncias de 25 metros, totalizando 1096 pontos sobre toda a área de estudo e compreendendo as seguintes classes de cobertura da terra: mata nativa, silvicultura, sombra, construção, macrófita, pastagem, resteva, solo exposto, campo, banhado, água/cinza, água e solo úmido. Para validar as classificações, foram gerados 500 pontos aleatórios independentes dos dados de treinamento. A atribuição das classes desses pontos ocorreu por meio da interpretação da ortoimagem. Os pontos foram utilizados para selecionar as regiões da segmentação e, assim, formar as amostras de treinamento e validação.

As classificações pelo método MVS foram geradas com o kernel Função de Base Radial (FBR). O kernel FBR tem dois parâmetros importantes, o Custo (C) e o Gama (G), altos valores de C geram modelos sobreajustados, enquanto o parâmetro G influencia na forma de separação do hiperplano (HUANG et al., 2002). Devido a isso, foram analisados os seguintes valores para C: 10^{-1} , 10^0 , 10^1 , 10^2 , 10^3 , 10^4 , 10^5 , 10^6 , 10^7 e 10^8 , já para o parâmetro G foram: 10^{-6} , 10^{-5} , 10^{-4} , 10^{-3} , 10^{-2} , 10^{-1} , 10^0 , 10^1 , 10^2 , 10^3 e 10^4 (QIAN et al., 2015).

O desempenho do método KVP depende da seleção do número de K vizinhos mais próximos, uma vez que valores pequenos de K estão mais propícios a ruídos, mas grandes valores para K podem incluir elementos de outras classes (SAMANIEGO; SCHULZ, 2009), considerando isso, foram avaliados os valores de K entre 1 a 20, as

métricas de distâncias manhattan, euclidiana e minkowski (expoente igual a 3) (QIAN et al., 2015) e, para os pesos dos atributos preditivos, foram determinados como uniforme e pelo inverso da distância.

Já o método FA possui dois parâmetros principais, a profundidade (*depth*) e o número de árvores (nAD), neste estudo foram avaliados para os dois parâmetros os valores 2, 5, 10, 15, 20, 25 e 30 (PAL, 2005), quanto maiores os valores desses parâmetros, maior e mais complexo é o modelo resultante.

As relevâncias dos atributos preditivos foram calculadas por meio da importância Gini, que é obtida por modelos de árvore de decisão construídos utilizando o índice Gini. O índice Gini é calculado a partir da divisão de um nó realizado sobre um atributo preditivo, o valor obtido para os dois nós descendentes é menor do que o nó pai. Somando essas diminuições para cada atributo preditivo, sobre toda a árvore de decisão, obtém-se o valor de importância Gini desse atributo preditivo (MURERIVA et al., 2016). Como um dos objetivos deste estudo é avaliar a redução da dimensionalidade do conjunto de atributos preditivos, foram avaliados os limiares de relevâncias: 0%, 1%, 2%, 3%, 4% e 5%. Para cada limiar de relevância, foram realizadas as classificações para os três métodos, considerando somente os atributos preditivos que resultaram em relevâncias maiores que os limiares. Todas classificações geradas foram quantificadas pelo índice Kappa e sua variância (GU; CONGALTON; PAN, 2015).

O trabalho foi desenvolvido com a linguagem de programação Python 2.7, as classificações foram geradas com a biblioteca de mineração de dados Scikit-Learn (PEDREGOSA et al., 2011), já as validações com a biblioteca de estatística StatsModel (SEABOLD; PERKTOLD, 2010).

3 RESULTADOS

3.1 RELEVÂNCIAS DOS ATRIBUTOS PREDITIVOS

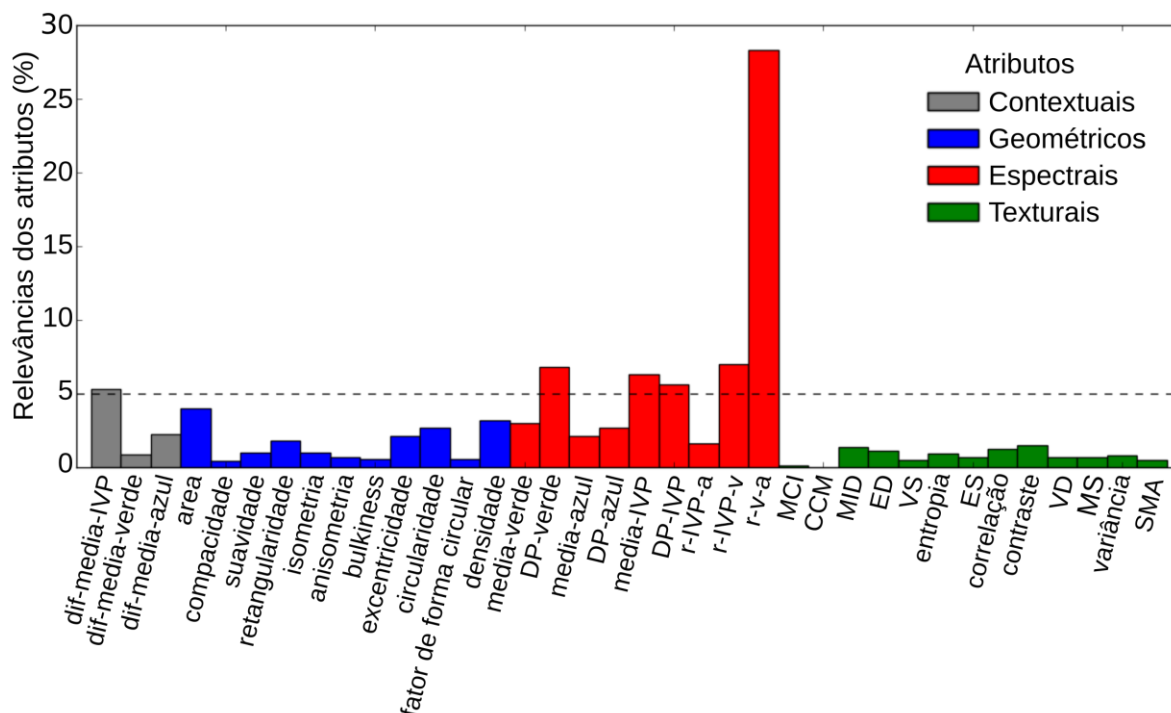
As relevâncias dos atributos preditivos (Figura 1), calculadas pela importância Gini para as amostras de treinamento, evidenciaram que os atributos preditivos r-IVP-v (6,9%), r-v-a (28,3%), DP-verde (6,7%), media-IVP (6,3%) e DP-IVP (5,6%), extraídos das bandas espectrais, foram os mais relevantes para discriminar as classes de cobertura da terra, uma vez que resultaram nas maiores relevâncias, maiores que 5%. O atributo contextual, dif-media-IVP, também alcançou uma relevância maior que 5%, sugerindo que os atributos contextuais devem ser considerados na classificação de imagens com resolução espacial submétrica obtidas por VANT.

Dentre os atributos geométricos, os mais relevantes foram a área de cada região (área-3,9%) e o densidade (6,7%). Fernandes et al. (2014) também obtiveram a área do objeto (região) como um dos mais relevantes na classificação de junco gigante em ecossistemas ribeirinhos, para uma imagem WorldView-2. Os outros atributos geométricos obtiveram relevâncias perto dos 3%, como a excentricidade e o *roudnness*. Considerando isso, futuros trabalhos podem analisar apenas esses quatro atributos geométricos, com isso, diminuindo a dimensionalidade do conjunto de atributos.

Os atributos de texturas obtiveram relevâncias menores que 2%, alguns como o MCI e o CCM, com valores próximos do zero. Neste estudo, os atributos de textura resultaram em uma baixa relevância. Contudo, trabalhos como o de Feng et al. (2015), apresentaram uma significativa melhora na classificação de imagens obtidas por VANT, ao incluir atributos de textura.

Determinar quais são os melhores atributos preditivos na discriminação das classes de cobertura da terra é um processo complexo, devido a isso, os autores deste trabalho recomendam que a relevância dos atributos preditivos seja analisada também pela qualidade da classificação, uma vez que cada classificação utiliza os atributos preditivos de forma diferente.

Figura 1 – Relevâncias dos atributos preditivos.



3.2 CLASSIFICAÇÕES

Considerando os melhores casos do método KVP para cada limiar de relevância, observa-se um aumento do índice Kappa até o limiar de relevância igual a 2%, o qual obteve valor do Kappa igual a 0,748. Posteriormente, para os limiares de relevâncias iguais a 3 e a 4, houve um decréscimo da acurácia, alcançando um Kappa igual a 0,685. Não foi considerado o limiar de relevância igual a 5, porque esse valor de limiar selecionou o mesmo número de atributos preditivos que o limiar igual 4. Ao avaliar os outros parâmetros do KVP, nota-se que o inverso da distância foi selecionado, em todos os casos, como peso dos atributos preditivos.

Para o número de K vizinhos, considera-se que valores entre 5 e 15 foram os mais apropriados. Já em relação à métrica de distância, a manhattan foi a que resultou em classificações mais acuradas. A classificação mais acurada com o método KVP, foi obtida com K igual a 15, métrica de distância manhattan e peso dos atributos com o inverso da distância, essa classificação resultou em um Kappa igual a 0,748, resultando em acurácias mais baixas, quando comparado aos melhores casos de FA e MVS. Qian et al. (2015) avaliaram diferentes classificadores na OBIA e também encontraram baixas acurácias para o método KVP, quando comparado a MVS e Árvore de Decisão.

Na Tabela 2 estão apresentados os resultados das classificações para os métodos MVS e FA, considerando seus parâmetros e os distintos limiares de relevâncias. Para o limiar de relevância igual a 0%, o FA resultou no maior valor do Kappa (0,767). Ao avaliar o limiar igual a 1%, identifica-se uma redução de 44,5% no conjunto de atributos preditivos e um aumento das acurácias dos dois métodos. Os melhores casos dos dois métodos ocorreram para o limiar igual a 2%, ambos os métodos obtiveram Kappas iguais a 0,778. Adam et al. (2014) também encontram acurácias semelhantes para FA e MVS na classificação de paisagens costeiras, utilizando OBIA e imagens orbitais com resolução espacial métrica. Com o limiar de 2%, houve uma redução no conjunto de atributos preditivos de 61,1%. Os atributos preditivos excluídos foram: 13 de texturas, um contextual, sete geométricos e um espectral. Entende-se que neste trabalho as

classificações melhoraram, removendo, principalmente, os atributos de textura e os geométricos.

Quando o limiar de relevância recebeu o valor igual a 3%, ocorreu uma redução de 75% dos atributos preditivos e o valor do Kappa para o MVS manteve-se igual a 0,779, mas o FA diminuiu de 0,779 para 0,758. A maior redução no conjunto de atributos foi encontrada para o limiar de relevância igual a 4%, reduzindo o conjunto de atributos em 83,3%. O método FA continuou em decréscimo, passando de 0,758 para 0,744.

Avaliando os valores dos Kappas em relação à redução do conjunto de atributos (Tabela 2), identifica-se que o método MVS resultou em acurácias mais baixas em conjunto de atributos com alta dimensionalidade. Já o método FA apresenta um comportamento contrário, pois os valores dos Kappas obtidos por esse método permaneceram semelhantes ao melhor caso (Kappa igual a 0,779), mesmo quando foram utilizados todos os atributos preditivos (limiar igual a 0%). Devido a isso, recomenda-se a utilização da redução da dimensionalidade dos dados para classificações com o método MVS e a importância Gini para determinar as relevâncias dos atributos preditivos. As relevâncias entre 0% a 5% proporcionaram bons valores e podem ser consideradas em futuros estudos, uma vez que possibilitaram reduções no conjunto de atributos que aumentaram os valores dos Kappas.

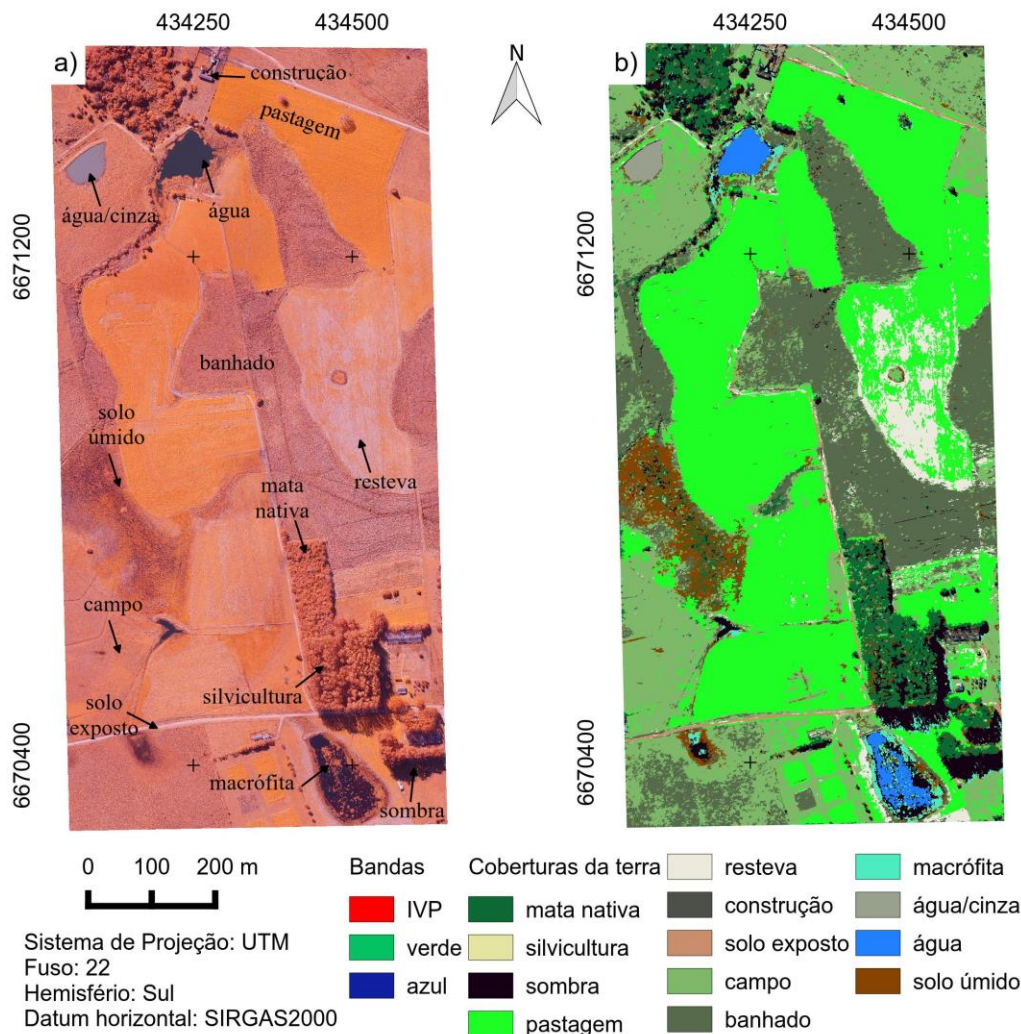
Tabela 2 – Melhores casos dos classificadores FA e MVS para diferentes limiares de relevâncias.

Limiares de relevâncias	Total de atributos	MVS			FA			
		C	G	Kappa	Critério	Depth	nAD	Kappa
0%	36	10^3	10^{-6}	0,729	Entropia	10	25	0,767
1%	20	10^3	10^{-6}	0,740	Entropia	10	30	0,771
2%	14	10^2	10^{-5}	0,779	Entropia	10	25	0,779
3%	9	10^2	10^{-5}	0,779	Gini	35	15	0,758
4%	6	10^2	10^{-5}	0,778	Entropia	10	15	0,744

O método MVS obteve os maiores valores dos Kappa quando C foi igual a 10^2 e G igual a 10^{-5} . Para o método FA, observa-se que os seguintes valores para os parâmetros foram os mais apropriados: Entropia como critério de divisão dos nós, o valor igual a 10 para o parâmetro de profundidade da árvore e valores entre 15 e 30 para o parâmetro nAD. Esses valores para os parâmetros podem servir como guia para futuros estudos. Adam et al. (2014) em seu trabalho encontraram valores maiores para o parâmetro nAD, próximo de 1000, isso pode ser devido ao tamanho das amostras e ao número de classes, quanto maior o número de amostras e classes, mais complexo será o modelo FA, porque todas as particularidades das classes são modeladas.

A Figura 2a apresenta a ortoimagem, e a Figura 2b apresenta a classificação com o método MVS, utilizando C igual a 10^2 , G igual a 10^{-5} e limiar de relevância igual a 4%, resultando em um Kappa igual a 0,778. Esse valor do Kappa ao nível de significância estatística de 5% não é diferente do maior valor encontrado neste estudo, que no caso foi para um Kappa igual a 0,779. Além de essa classificação apresentar o Kappa entre os maiores valores, ela também utilizou o menor número de atributos preditivos. Quanto menor o conjunto de atributos preditivos, ou seja, quanto menor a dimensionalidade dos dados, menor é o uso de memória e mais rápida é a classificação.

Figura 2 – a) ortoimagem e b) classificação com o método MVS, C igual a 10^2 e G igual a 10^{-5} .



Analisando a Figura 2 visualmente, pode-se perceber que há uma boa correspondência entre a ortoimagem e a classificação. Classes semelhantes espectralmente, como campo com banhado e solo exposto com resteva, foram discriminadas. Um problema de classificação foi encontrado entre as classes mata nativa e silvicultura, a classe silvicultura não foi classificada corretamente, isso pode ter acontecido devido a sua semelhança espectral com mata nativa e ao baixo número de amostras de treinamento. Classes complexas, devido a sua alta variabilidade espectral, também foram classificadas corretamente, como foi o caso da pastagem e da macrófita. A classe pastagem apresentou diferentes estágios de crescimento, já a macrófita possui uma resposta espectral que depende de sua densidade.

As classes água e água/cinza, apesar do baixo número de amostras, foram possíveis de serem diferenciadas, esse baixo número de amostras também foi encontrado para a classe solo úmido, porque sua ocorrência está concentrada em apenas um local na imagem, mas, mesmo com essa dificuldade, sua classificação foi possível. De modo geral, pode-se concluir que a integração da análise de imagens baseada em objetos, com os algoritmos de mineração de dados para selecionar atributos e classificar os objetos (regiões), e com as amostras de treinamento coletadas regularmente, possibilitaram uma metodologia para classificar imagens com resolução espacial submétrica obtidas por VANT.

5 CONCLUSÃO

Os classificadores MVS e FA resultaram em valores de acurácias iguais e foram superiores ao método KVP. O valor de limiar de relevância igual a 2% proporcionou uma redução no conjunto de atributos preditivos de 61,1%, resultando nos maiores valores dos Kappas para os três métodos de classificação. As técnicas de mineração de dados utilizadas neste trabalho, tanto para redução do conjunto de atributos preditivos, quanto para a classificação, proporcionaram altas acurácias na classificação de imagens com resolução espacial submétricas obtidas por VANT.

O melhor caso do método MVS aconteceu quando C foi igual a 10^2 e G igual a 10^{-5} . Para o método FA, observa-se que os parâmetros mais apropriados são: entropia como critério de divisão dos nós, o valor igual a 10 para o parâmetro de profundidade da árvore e valores entre 15 e 30 para o parâmetro nAD. Já para o classificador KVP, o maior valor do Kappa foi obtido para K igual a 15, métrica de distância manhattan e peso dos atributos com o inverso da distância.

REFERÊNCIAS

- ADAM, E.; MUTANGA, O.; ODINDI, J.; ABDEL-RAHMAN, E. M. Land-use/cover classification in a heterogeneous coastal landscape using RapidEye imagery: evaluating the performance of random forest and support vector machines classifiers. **International Journal of Remote Sensing**, v. 35, n. 10, p. 3440 – 3458, 2014.
- AGISOFT, GUIDE PHOTOSCAN, 2015. Disponível em:
<<http://www.agisoft.com/support/tutorials/intermediate-level/>>. Acessado em 20 set. 2015.
- BLASCHKE, T. Object based image analysis for remote sensing. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 65, n. 1, p. 2-16, 2010.
- CHUTIA, D.; BHATTACHARYYA, D. K.; KALITA, R.; SUDHAKAR, S. OBCsvmFS: Object-Based Classification supported by Support Vector Machine Feature Selection approach for hyperspectral data. *Journal Geomatics*, v. 8, n. 1, 2014.
- COLOMINA, I.; MOLINA, P. Unmanned Aerial Systems for photogrammetry and remote sensing: A review. **Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 92, p. 79–97, 2014.
- CORTES, C.; VAPNIK, V. Support-Vector Networks, **Machine Learning**, v. 20, n. 3, p. 273-297, 1995.
- ESPINDOLA G.; CAMARA G.; REIS I.; BINS L.; MONTEIRO A. Parameter selection for region-growing image segmentation algorithms using spatial autocorrelation. **International Journal of Remote Sensing**, v. 27, p. 3035–3040, 2006.
- FENG, Q.; LIU, J.; GONG, J. UAV Remote Sensing for Urban Vegetation Mapping Using Random Forest and Texture Analysis. **Remote Sensing**, v. 7, p. 1074-1094, 2015.
- FERNANDES, M. R.; AGUIAR, F. C.; SILVA, J. M.N.; FERREIRA, M. T.; PEREIRA, J. M.C. Optimal attributes for the object based detection of giant reed in riparian habitats: A comparative study between Airborne High Spatial Resolution and WorldView-2 imagery. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, v. 32, p. 79 – 91, 2014.

FERREIRA, R. S.; COSTA, G. A. O. P.; FEITOSA, R. Q. Evaluation of heterogeneity criteria based on morphological attributes for image segmentation by region growing. **Bol. Ciênc. Geod.**v.19, n.3, p.452-471, 2013.

GU, J.; CONGALTON, R. G.; PAN, Y. The Impact of Positional Errors on Soft Classification Accuracy Assessment: A Simulation Analysis. *Remote Sensing*, n.7, p. 579-599, 2015.

HARALICK, R.M.; SHANMUGAN, K.; DINSTEN, I. Textural features for image classification, *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, v. 3, p. 610-621, 1973.

HELLESEN, T.; MATIKAINEN, L. An object-based approach for mapping shrub and tree cover on grassland habitats by use of LIDAR and CIR orthoimages. *Remote Sensing*. v. 5, n. 2, p. 558-583, 2013.

LALIBERTE, A. S.; FREDRICKSON, E.L.; RANGO, A. A comparison of three feature selection methods for object-based classification of sub-decimeter resolution Ultracam-I imagery. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, v.15, n. 2, p. 70-78, 2012.

LALIBERTE, A.S.; RANGO, A. Image processing and classification procedures for analysis of sub - decimeter imagery acquired with an unmanned aircraft over arid rangelands. **GIScience & Remote Sensing**, v. 48, n. 1, p. 4-23. 2011.

LALIBERTE, A. S.; RANGO, A. Texture and scale in object-based analysis of subdecimeter resolution unmanned aerial vehicle (UAV) imagery. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, v.47, p. 1-10, 2009.

LECHNER, A. M.; FLETCHER, A.; JOHANSEN, K.; ERSKINE, P. Characterising Upland Swamps Using Object-Based Classification Methods And Hyper-Spatial Resolution Imagery Derived From An Unmanned Aerial Vehicle. *Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, v. 6, p. 101-106, 2012.

MURERIWA, N.; ADAM, E.; SAHU, A.; TESFAMICHAEL, S. Examining the Spectral Separability of *Prosopis glandulosa* from Co-Existent Species Using Field Spectral Measurement and Guided Regularized Random Forest. *Remote Sensing*. v. 8, n. 2, p. 144 -160, 2016.

NEUBERT, M.; HEROLD, H; MEINEL, G. Evaluation of Remote Sensing Image Segmentation Quality – Further Results and Concepts. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON OBJECT-BASED IMAGE ANALYSIS, 1, 2006, Salzburg, **Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**, Salzburg, 2006.

NEX, F.; REMONDINO, F. UAV for 3D mapping applications: A review. **Appl. Geomat.** v. 6, p. 1–15, 2014.

OOI, H. L.; NG, S. C.; LIM, E. ANO Detection with K-Nearest Neighbor Using Minkowski Distance, *International Journal of Signal Processing Systems*, vol. 1, n. 2, 2013.

PAL, M. Random forest classifier for remote sensing classification, **International Journal of Remote Sensing**, v. 26, n. 1, p. 217-222, 2005.

QIAN, Y.; ZHOU, W.; YAN, J.; LI, W.; HAN, L. Comparing Machine Learning Classifiers for Object-Based Land Cover Classification Using Very High Resolution Imagery. *Remote Sensing*, v. 7, n. 1, p. 153-168, 2015.

PEDREGOSA, F.; VAROQUAUX, G.; GRAMFORT, A.; MICHEL, V.; THIRION, B.; GRISEL, O.; BLONDEL, M.; PRETTENHOFER, P.; WEISS, R.; DUBOURG, V.; VANDERPLAS, J.; PASSOS, A.; COURNAPEAU, D.; BRUCHER, M.; PERROT, M.; DUCHESNAY, E. Scikit-learn: Machine Learning in Python, **Journal of Machine Learning Research**, v. 12, p. 2825-2830, 2011.

TEODORO, A. C.; ARAÚJO, R. Exploration of the OBIA methods available in SPRING noncommercial software to UAV data processing. *SPIE Proceedings*, v. 9245, p. 1-11, 2014.

SAMANIEGO, L.; SCHULZ, K. Supervised Classification of Agricultural Land Cover Using a Modified k-NN Technique (MNN) and Landsat Remote Sensing Imagery. *Remote Sensing*, v. 1, n.4, p. 875-895, 2009.

SEABOLD, J.S.; PERKTOLD, J. Statsmodels: Econometric and Statistical Modeling with Python, **Proceedings of the 9th Python in Science Conference**, 2010.

CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO URBANO E SUA VARIAÇÃO TEMPORAL NO BAIRRO SÃO VICENTE, SANTIAGO – RS

*Multipurpose urban cadaster and temporal analysis in neighborhood
São Vicente, Santiago – RS*

Patrícia Schneider¹; Júlio Cesar Wincher Soares²; Attus Pereira Moreira³; Claiton Ruviano³; Clóvis Ben Brum⁴

¹Graduanda em Agronomia. Setor de Cadastro da Prefeitura Municipal de Santiago – RS. Rua Tito Becon, 1752, Santiago – RS, 97700-000. patykars@hotmail.com.

²Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Campus Santiago. Professor Dr. do Curso de Agronomia e Ciência da Computação. Avenida Batista Bonoto Sobrinho, Santiago – RS, 97700-000. juliowincher@gmail.com.

³Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Campus Santiago. Professor Dr. do Curso de Agronomia. Avenida Batista Bonoto Sobrinho, Santiago – RS, 97700-000.

attus@urisantiago.br ruviano@urisantiago.br

⁴Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Campus Santiago. Professor MSc. do Curso de Arquitetura. Avenida Batista Bonoto Sobrinho, Santiago – RS, 97700-000.

clovisbb@urisantiago.br

RESUMO

O objetivo do trabalho foi de definir um método para análise de dados temporais (1995 e 2015) relacionados ao Cadastro Técnico Multifinalitário Urbano (CTMU), comparando o desenvolvimento do bairro São Vicente, município de Santiago - RS. O CTMU acrescido do atributo tempo oferece todos os benefícios cadastrais já conhecidos, além de permitir análises da evolução temporal do espaço urbano. Apresenta-se um estudo de caso que permitiu observar que O CTMU é de fundamental importância para o município, pois se trata de organização das informações voltadas para a integração de áreas distintas da administração pública a partir do próprio reconhecimento e conhecimento da realidade em que se encontra o município. A utilização do SIG permitiu a construção de um modelo cadastral, o qual viabiliza a análise temporal dos dados, definindo um CTMU Temporal. O histórico de dados (dados legados) foi importante para entender a evolução do cadastro dos lotes. Houve o aumento de 32.535,30 m² de área de terreno, 8.875,61 m² de área de construída de casas, 1.083,37m² de área construída de galpões. A recuperação dos dados legados permitiu elaborar uma representação da evolução de várias situações importantes para a administração pública e que indiretamente afetam a população.

Palavras-chave: Cadastro Técnico Multifinalitário Urbano. CTMU Temporal. Análise Espaço-Temporal.

ABSTRACT

The objective of this work was to define a method for the analysis of temporal data (1995 and 2015) related to the Multifinal Urban Technical Register (CTMU), comparing the development of the São Vicente neighborhood, county of Santiago - RS. The CTMU plus the time attribute offers all the known cadastral benefits, besides allowing analyzes of the temporal evolution of the urban space. We present a case study that allowed us to observe that the CTMU is of fundamental importance for the county, since it deals with the organization of information aimed at the integration of distinct areas of public administration from the very recognition and knowledge of the reality in which the county. The use of GIS allowed the construction of a cadastral model, which enables the temporal analysis of the data, defining a Temporal MTSU. The data history (legacy data) was important to understand the evolution of the batch register. There was an increase of 32,535.30 m² of land area, 8,875.61 m² of constructed area of houses, 1,083.37 m² of built area of sheds. The recovery of the legacy data allowed to elaborate a representation

of the evolution of several situations important for the public administration and that indirectly affect the population

Keywords: Multipurpose Cadastre. Temporal Multipurpose Cadastre. Temporal-Space Analysis.

1 INTRODUÇÃO

O Cadastro Técnico Multifinalitário Urbano (CTMU) é uma ferramenta de planejamento e gerenciamento urbano, para a organização da cidade, proporcionando a expansão orientada e o aumento na arrecadação dos impostos.

No Brasil o CTMU é considerado novo, principalmente pela falta de legislação, entretanto a pesquisa acadêmica vem desenvolvendo vários trabalhos para mudar essa realidade. É uma área que precisa de muitos esforços e dedicação para se desenvolver e atingir os objetivos propostos pelo Cadastro.

O cadastro é um sistema de informações do espaço territorial, que tem como principal característica o acompanhamento e o controle das atividades num determinado local.

Um sistema cadastral atualizado possibilita desenvolver o Cadastro Técnico Multifinalitário Urbano, o qual permite analisar as potencialidades do município para um desenvolvimento sustentável, possibilitando assim uma melhor gestão dos recursos.

Segundo Antunes (2006), os principais objetivos do Cadastro Técnico Multifinalitário Urbano são: coletar informações descritivas, que caracterizam a área urbana; atualizar o sistema descritivo e o conjunto de informações que caracterizam cada propriedade imobiliária; obter um sistema cartográfico georreferenciado; interligar as informações cartográficas e descritivas de maneira que se possa obter cruzamento de informações.

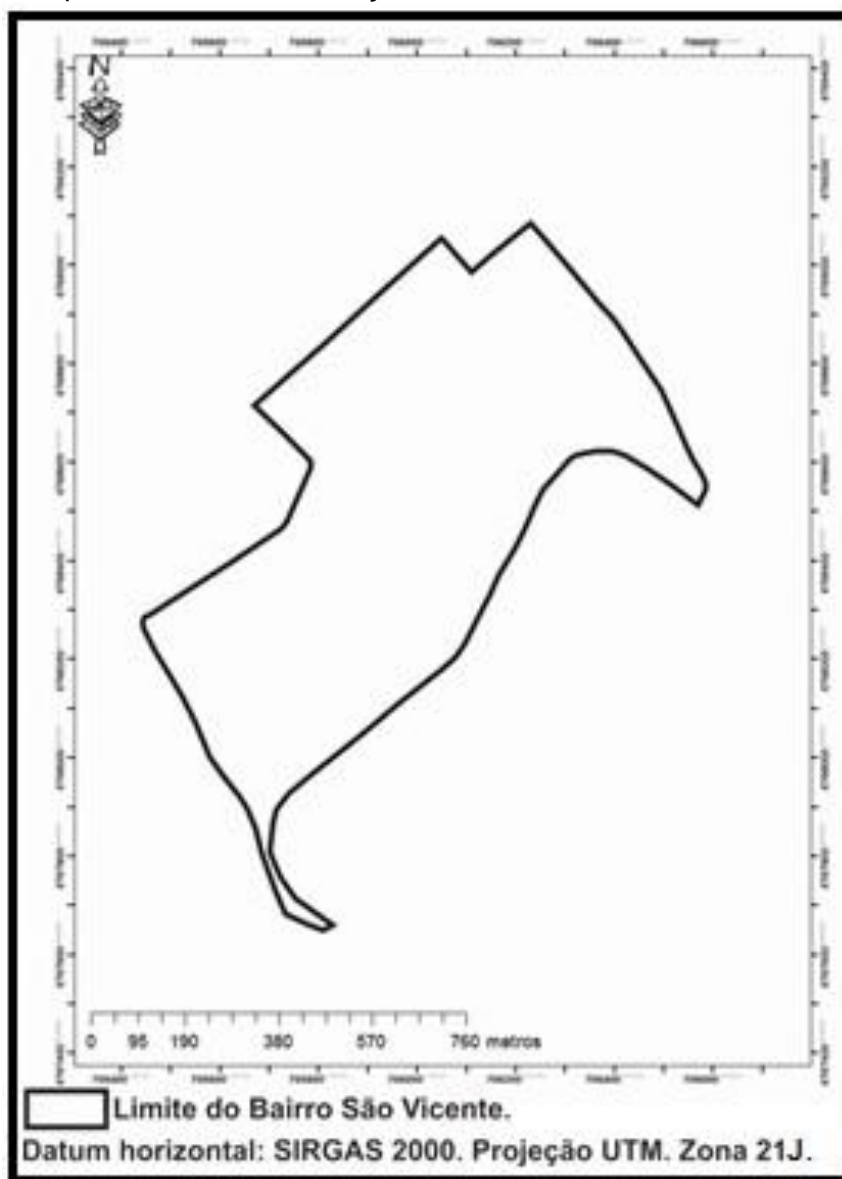
A hipótese do presente trabalho é de que a recuperação dos dados legados permite elaborar uma representação da evolução de várias situações importantes para a administração pública. Também, que a aplicação do SIG viabiliza a construção de um modelo cadastral, que suporta a análise temporal dos dados, definindo um CTMU Temporal.

O objetivo do trabalho é definir um método para análise de dados temporais relacionados ao CTMU, e comparar o nível de desenvolvimento do bairro São Vicente entre os anos de 1995 e 2015. Também, de compreender as características do CTMU temporal, além de verificar sua importância para a gestão pública.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no bairro São Vicente, que pertence ao município gaúcho de Santiago. Com área de 0,495 km² o bairro está inserido entre as coordenadas Universal Transversa de Mercator (UTM) 706229.062 E e 6769083.744 N, 705800.224 E e 6767652.709 N, zona 21 J, no sistema geodésico horizontal SIRGAS 2000 (Figura 1).

Figura 1 - Mapa temático de localização do Bairro São Vicente.



Segundo a classificação de Köppen, o tipo climático predominante no município é o Cfa, subtropical úmido com precipitação abundante em todos os meses do ano, perfazendo uma precipitação anual de 1.919 mm, com temperatura média anual de 17,9°C (MORENO, 1961). O relevo por sua vez, apresenta feições de suave ondulado a montanhoso, com altitude de 480 m.

A geologia regional é composta principalmente por rochas sedimentares (arenitos e lutitos) e vulcânicas (basalto e riólito) distribuídas nos compartimentos geomorfológicos do Planalto da Campanha, Planalto das Missões, Planalto das Araucárias e a Depressão Central (IBGE, 2003).

Conforme Streck et al. (2008), desenvolvem-se no município ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELO Alúminico, ARGISSOLO VERMELHO Distrófico, PLANOSSOLO HÁPLICO Eutrófico, NEOSSOLO REGOLÍTICO Distrófico e LATOSSOLO VERMELHO Distrófico.

A vegetação regional encontra-se sob o domínio da Estepe Estacional, da Floresta Estacional Decidual e da Estepe Ombrófila (LEITE, 2002). Na composição do uso do solo e cobertura vegetal da bacia, predominam cultivos agrícolas, formações campestres e florestas nativas em diferentes estágios de regeneração.

A metodologia consiste em um levantamento de informações sobre CTMU do Bairro São Vicente, onde foi realizada a coleta de dados e medições territoriais e prediais nos anos de 1995 e 2015.

O CTMU consiste no levantamento cadastral imóvel a imóvel desenvolvido através do preenchimento do Boletim de Informações Cadastral (BIC), que orientou a coleta dos dados de interesse fiscal e das mais diversas áreas de intervenção da municipalidade.

A rotina de cadastro individual dos lotes se deu com o preenchimento do BIC, com dados específicos como número de quadra, número de lote e sub-lote, número de pavimentos, logradouro, número. Logo em seguida foram coletadas informações sobre o proprietário.

Posteriormente, no Sistema de Informação Geográfico (SIG) foi estruturado o banco de dados amarrado ao sistema geodésico horizontal SIRGAS 2000, na projeção UTM, zona 21 J com características do local, como a Frente (testada do terreno) e Fundo (comprimento), tipo de ocupação (baldio e construído), espécie, situação do lote (esquina, interno, encravado, beco), limite de testada (muro, cerca, grade, inexistente), tipo de tributação do IPTU (territorial, predial), tipo de edificação. Todas essas características influenciam na tributação de impostos e servem como subsídios para o planejamento e gerenciamento urbano, e para a organização da cidade. A orientação dos campos no banco de dados iniciou com o nome do proprietário, nome do logradouro e número da residência.

As observações geodésicas foram realizadas com a tecnologia do *Sistema de Navegação Global por Satélite* (GNSS) nos vértices de todas as quadras e parcelas territoriais. Foram contempladas todas as quadras do bairro (sem edificação e com edificação), buscando atingir todas as condições de implantação do bairro no ano 2015. Para o ano de 1995, foi georreferenciado no SIG o mapa legado do CTMU do Bairro São Vicente com pontos os vértices (pontos de controle) observados em 2015.

Inicialmente foram materializados três pontos base no bairro conforme as Normas Técnicas Brasileiras NBR 13.133 e NBR 14.166, utilizando a técnica de rastreamento GNSS por meio do método absoluto, com quatro horas de rastreamento. O equipamento utilizado foi da marca Leica, modelo Viva GS15, com dupla frequência (L_1/L_2) e disponibilidade de Real Time Kinematic (RTK) (Tabela 1).

Tabela 1 - Relatório de ocupação das estações GNSS.

PONTO BASE		Coordenadas Geográficas¹		Coordenadas UTM²		Altitude³
Nº	NOME	W	S	E	S	(m)
0	Geodésico	54°53'08,03449"	29°11'29,88481"	705589.445	6768931.843	404,400
	Precisão					
1	Campus 1	54°53'17,69537"	29°11'30,18674"	705328.2874	6768927.2442	402,292
	Campus 2	54°53'18,28294"	29°11'32,60244"	705311.0768	6768853.1568	399,206

1: Datum WGS1984. 2: SIRGAS 2000. 3: Altitude Geométrica.

O procedimento prático para execução do trabalho de campo totalizou 3084 vértices medidos, referente a 261 lotes que se encontravam distribuídas em 11 quadras.

Todas as observações geodésicas foram convertidas para o sistema geodésico horizontal SIRGAS 2000, uma vez que este referencial é considerado oficial no Brasil e recomendado pelo IBGE.

No SIG foram elaborados os mapas temáticos do CTMU dos anos de 1995 e de 2015 por meio da importação de dados .xls (pontos de controle e vértices), vetorização (SIRGAS 2000, projeção UTM, zona 21 J), cálculo de áreas e edição. Em seguida, foi realizada a sobreposição de Planos de Informação (PI): CTMU do ano de 1995 e CTMU do ano de 2015, para a avaliação temporal do CTMU.

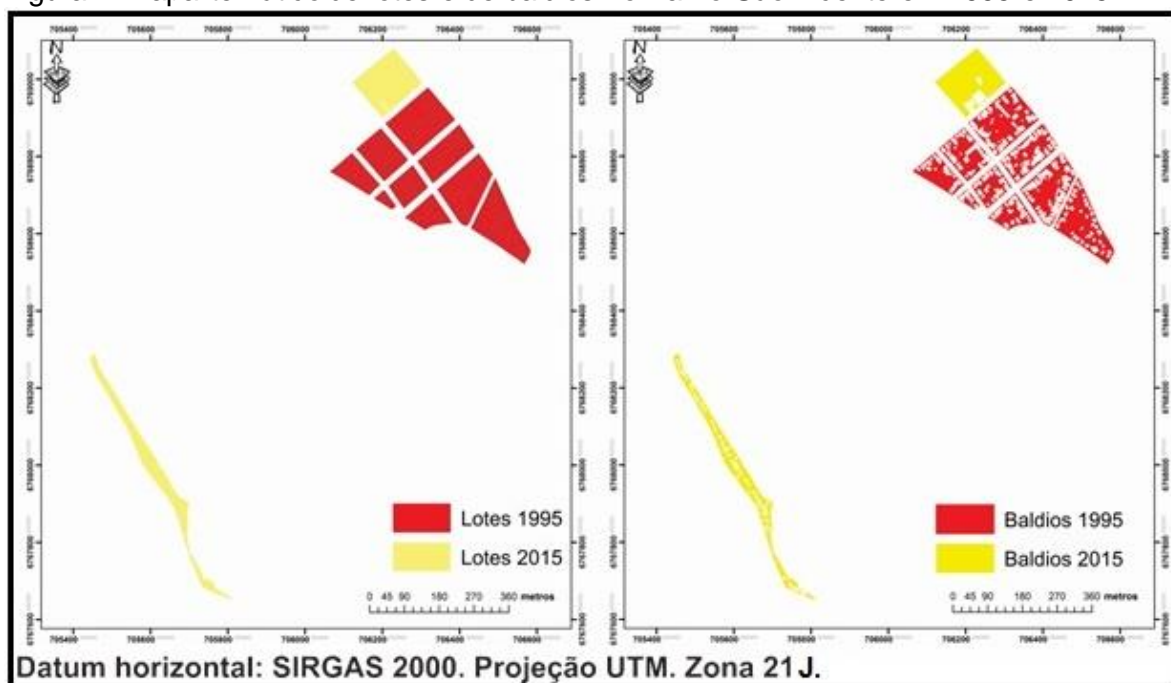
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados do CTMU foram organizados baseados no lote territorial, coletados, armazenados e referenciados.

Conforme Amorim et al. (2011), as plantas cadastrais formam lotes e suas respectivas características, sobre as quais é exercido um direito de propriedade ou de posse. Nelas são expostas todas as informações pertinentes à denominação do proprietário e as ações efetuadas sobre a propriedade. É comum que os dados cadastrais armazenados nas prefeituras apresentem problemas de gerenciamento de dados: compatibilização de escalas, generalização cartográfica, entre outros. Assim, exigem um tratamento antes de sua padronização.

Desta maneira, foi realizada uma análise de consistência dos dados legados, culminando na planta cadastral na escala 1:7.500 para o ano de 1995, a mesma escala foi empregada na planta cadastral de 2015 (Figura 2; Figura 3).

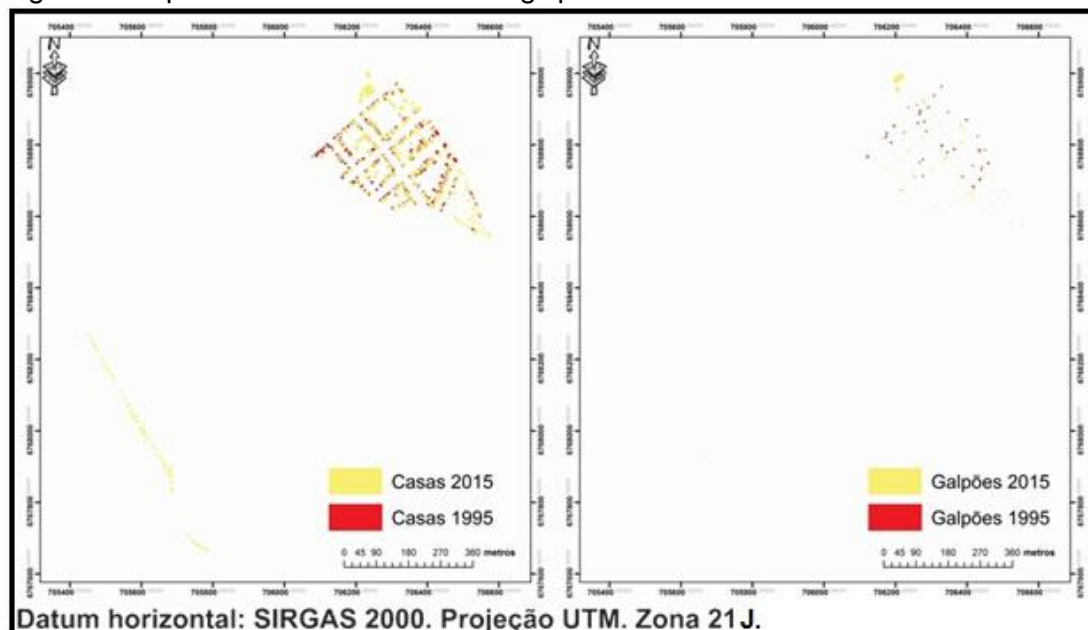
Figura 2. Mapa temático de lotes e de baldios no Bairro São Vicente em 1995 e 2015.



Com o emprego do SIG, foi possível realizar a localização dos limites, das quadras e do meio fio do Bairro São Vicente. As ferramentas robustas de análise espacial permitiram o tratamento e a padronização cadastral, agregando e manipulando dados e informações de interesse ao cadastro, como o mapa cadastral que é gerado a partir da representação gráfica do lote e os dados descritivos (alfanuméricos) relacionados a essa representação, os quais são provenientes das escrituras, dos censos e dos Boletins de Informações Cadastrais (BICs), entre outros. Desta maneira, observa-se o potencial do SIG para o planejamento e gerenciamento urbano permitindo à manipulação de dados, a produção de mapas e a análise espacial, facilitando a integração de dados e a execução de análises.

Os PI do CTMU trazem consigo uma maior perceptibilidade do território bairro, identificando espacialmente a realidade da ocupação urbana obtendo uma visão geral e mais detalhada da ocupação do bairro (Figura 2; Figura 3).

Figura 3. Mapa temático de casas e de galpões no Bairro São Vicente em 1995 e 2015.



O SIG permitiu a localização dos lotes, casas, galpões e baldios, criando um banco de dados espaciais contendo os dados cadastrais referentes aos anos de 1995 e 2015, descrevendo assim, dados e informações espaço-temporais (Figuras 2; Figuras 3). Normalmente as aplicações de tecnologias de geoinformação utilizavam representações estáticas de fenômenos espaciais, ou seja, apresentavam a informação ocorrida em um determinado instante do tempo. Porém, no CTMU a representação estática não capturava de forma adequada a ocorrência dos fenômenos, sendo assim, é preciso representar o mesmo fenômeno em vários instantes de tempo numa sequência cronológica.

O CTMU permitiu o armazenamento dos dados que continham a evolução histórica, viabilizando o rastreamento das informações de um lote, ao longo do período, o que é interessante para os usuários, o qual demonstra quando as edificações foram construídas ou modificadas num determinado lote (Figuras 2; Figuras 3), esse resultado corrobora com o trabalho de Sass (2013).

Conforme a Tabela 2, no período de 20 anos, foram implantados 78 novos lotes, perfazendo 32.535,30 m². Em relação ao número de casas, foram inseridas 84 casas, totalizando 8.875,61 m² de área construída. Foi observado também, a redução do número de 1 galpão, porém aumentou a área construída de galpões para 1.083,37 m². Foi realizada essa consulta englobando dados espaciais e temporais, para calcular a diferença de área da mesma parcela entre os dois anos, assim é possível identificar cada lote em que ocorreram alterações de área construída.

Tabela 2: Unidades mensuradas a partir dos cruzamentos entre os (PI) Cadastro Técnico Multifinalitário Urbano do Bairro São Vicente de 1995 e de 2015.

1995	Und.	2015	Und.	SALDO
Lotes	183	Lotes	261	78
Casas	190	Casas	274	84
Galpões	59	Galpões	58	-1
Baldios	16	Baldios	17	1
Terrenos ¹	80.890,57	Terrenos ¹	113.425,87	32.535,30
Casas ¹	12.894,41	Casas ¹	21.770,02	8.875,61
Galpões ¹	891,88	Galpões ¹	1.975,25	1.083,37

1: área em metros quadrados (m²).

O CTMU Temporal pode ser usado como um registro para armazenar uma descrição completa do lote, representando as mudanças armazenadas em computador. Permite o agendamento de trabalhos, identificando ou antecipando o começo de um estado no banco de dados, que desencadeia respostas pré-definidas. E finalmente, apresentam-se as informações, gerando um mapa dinâmico, dos processos temporais das atividades da região.

Com o avanço das geotecnologias tem-se disponibilizado uma série de ferramentas que podem tornar mais rápida a criação, a utilização e a manutenção dos dados cadastrais.

4 CONCLUSÕES

O CTMU é de fundamental importância para a Prefeitura Municipal de Santiago – RS, pois se trata da organização das informações voltadas para a integração de áreas distintas da administração pública, a partir do próprio reconhecimento e conhecimento da realidade em que se encontra o município.

A utilização do SIG permite a construção de um modelo cadastral, o qual viabiliza a análise temporal dos dados, definindo um CTMU Temporal.

O histórico de dados (dados legados) é importante para entender a evolução do cadastro dos lotes.

Houve o aumento de 32.535,30 m² de área de terreno, 8.875,61m² de área de construída com casas e 1.083,37m² de área construída com galpões.

A recuperação dos dados legados permitiu elaborar uma representação da evolução de várias situações importantes para a administração pública e que indiretamente afetam a população.

REFERÊNCIAS

ANTUNES, A.F.B. **Metodologia do Cadastro Urbano**. UFPR, 2006. Disponível em <<http://people.ufpr.br/~felipe>> Acesso em 20/06/14.

DALE, P. F.; MCLAUGHLIN, J. D. **Land information management**: an introduction with special reference to cadastral problems in third world countries. Reprinted (with correction). Oxford. Oxford University Press, 1990.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Levantamento de recursos naturais (Folha SH.21-X-D Santiago)**. Rio de Janeiro: IBGE, 2003.

LANGRAN, G. **Time in geographic information systems**. Reprinted. London: Taylor & Francis, 1993. p. 9-23

LEITE, F.P. Contribuição ao conhecimento fitoecológico do sul do Brasil. **Ciência & Ambiente**, v.1, n.24, p.51-73, 2002.

MORENO, J.A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Secção de Geografia. Secretaria da Agricultura. Porto Alegre, 1961. 42p.

OLIVEIRA, F. H. **Manual de Apoio – CTM**: Diretrizes para a criação, instituição e atualização do Cadastro Territorial Multifinalitário nos municípios brasileiros. Brasília: Ministério das Cidades, 2010. p. 31-47.

STRECK, E.V. et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2.ed. Porto Alegre, EMATER/RS-ASCAR, 2008. 222p.

SASS, Glaucia Gabriel. Um método de análise de dados temporais para o Cadastro Territorial Multifinalitário Urbano. 2013. 151 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, 2013. Disponível em:
<<http://hdl.handle.net/11449/108615>>.

[AMORIM, A.](#); [VICTORINO, Priscila da Silva](#) ; [MALAMAN, C. S.](#) . Cadastro Territorial Multifinalitário como instrumento de apoio aos estudos de sustentabilidade urbana. **Revista Geografica de America Central (online)**, v. Esp., p. 1-18, 2011.

O USO DO SENSORIAMENTO REMOTO PARA DETERMINAR O USO DO SOLO NO MUNICÍPIO DE SANTIAGO - RS

*The use of remote sensing to determine the land use in
Santiago city - RS*

Eduardo Pereira Shimoia¹, Paulo Fernando Martins¹, Vanius Ventorini Veiga², Júlio Cesar Wincher Soares²

¹Graduando em Agronomia. Laboratório de Solos da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões (URI), Campus Santiago. Avenida Batista Bonoto Sobrinho, nº 733, Santiago - RS, CEP 97700-000. eduardopshimoia@gmail.com

²Professor Dr. do Curso de Agronomia. Laboratório de Solos da URI, Campus Santiago. Avenida Batista Bonoto Sobrinho, nº 733, Santiago - RS, CEP 97700-000. juliowincher@gmail.com, vveiga@gmail.com

RESUMO:

A expansão da agricultura nos últimos anos nos remete a obter maiores informações sobre a ocupação dos solos, para isso é necessário adotar técnicas do Sensoriamento Remoto. Portanto este trabalho tem por finalidade obter maiores informações sobre a ocupação dos solos na região dentro do município de Santiago-RS, para formular um banco de dados suficiente para determinar como está sendo usado o meio ambiente. Para isso foram utilizadas as principais ferramentas do Sensoriamento Remoto, imagens de satélites, cartas geográficas do exército, e visitas a campo. Com isso, foi possível elaborar uma base de dados de uso e ocupação do solo para o município de Santiago, obtendo-se as seguintes categorias de ocupação: agricultura, pastagem, floresta nativa em diferentes estágios de regeneração, florestamentos, açudes, área urbanizada e outros. A avaliação do uso do solo via imagens de satélite, junto com estudo das cartas topográficas e visitas a campo foi capaz de oferecer uma visão geral da área de estudo, fornecendo subsídios para uma melhor adequação de uso do solo, seu planejamento rural e o manejo adequado dos recursos naturais do município de Santiago.

Palavras-chave: Geoprocessamento. Processamento de imagens. Planejamento agrosilvopastoril.

ABSTRACT

The expansion of agriculture in recent years leads us to obtain more information on land use, it is necessary to adopt techniques of remote sensing. So this work is aimed at obtaining more information on land use in the region within the municipality of Santiago-RS, to formulate a sufficient database to determine how this is used the environment. For that we used the main remote sensing tools, satellite images, geographic army of maps, and field visits. Thus, it was possible to develop a usage database and land use for the city of Santiago, obtaining the following occupation categories: agriculture, pasture, native forest in different stages of regeneration, forestation, lake, urbanized area and other. The assessment of land use satellite images, along with the study of topographic maps and field visits was able to provide an overview of the studied object, providing subsidies for better matching of land use, its rural planning and proper management of natural resources in the municipality of Santiago.

Keywords: Geoprocessing. Image processing. agrosilvopastoral planning.

1 INTRODUÇÃO

Em outubro de 2016, chegamos a uma população de 206 milhões de brasileiros, desta maneira, é crescente a demanda por áreas aptas para a produção de alimentos, fibras e madeira.

A concentração populacional e a formação das cidades marcam de forma profunda o processo de industrialização, tornando-se necessário um planejamento integrado de uso e ocupação do solo, com a caracterização de áreas mais propícias para o desenvolvimento ordenado das atividades econômicas, respeitados sempre os ecossistemas regionais. Sendo assim, verifica-se a necessidade de implantação dos sistemas de avaliação da capacidade produtiva dos solos, onde se utiliza como base os levantamentos pedológicos, hidrológicos, geológicos, geomorfológicos, climáticos e de uso e ocupação do solo.

Assim, são utilizadas imagens de satélite para obter uma visão total da área do município, permitindo a identificação do uso do solo, estas imagens são capturadas com o emprego de técnicas de sensoriamento remoto.

O sensoriamento remoto é uma tecnologia de obtenção de imagens e dados da superfície terrestre através da captação e registro da energia refletida/emitida pela superfície sem que haja contato físico entre o sensor e a superfície estudada. Após feita a captura da imagem, estas serão analisadas, transformadas em mapas ou constituirão um banco de dados georreferenciados caracterizando o que chamamos de Geoprocessamento (BENDER, 2012).

Este trabalho tem por finalidade mapear o uso e a ocupação do solo no município de Santiago - RS, no ano de 2015.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 MEIO BIOFÍSICO

O município de Santiago possui uma área de 2413,075 km² (241.307 ha), inserido na região Oeste do Estado do Rio Grande do Sul, nas coordenadas de latitude sul e 29°09'50" e 54°31'32" de longitude oeste, a uma altitude média de 439 metros acima do nível do mar.

O clima regional é temperado úmido, com uma pluviosidade média anual de 1.534 mm, e temperatura média de 17,9 ° C (MALUF 2000).

Predomina a geomorfologia do Planalto Meridional, com feições do relevo suave ondulado (137.545 ha - 57%) e forte ondulado (96.523 ha - 40 %), com poucas inclusões do relevo montanhoso (7.239 ha - 3 %).

Tem-se na litologia o predomínio da Formação Serra Geral, com sucessão de pacotes de rochas vulcânicas, basalto e riolitos (STRECK et al. 2008).

A hidrografia está atrelada a Bacia Hidrográfica do Rio Uruguai, pode-se dizer que o município de Santiago é um divisor de águas, pois distribui rios para duas Bacias, as do Rio Ibicuí e a do Butuí-Piratini-Icamacua, sendo que no município nascem rios importantes como o Rio Icamacua, o Rio Jaguarzinho (Rio Rosário), o Rio Itacurubi, o Rio Curuçu e o Rio Itú. (Cartas Topográficas e Planialtimétricas IBGE 1976)

O município de Santiago encontra-se no Bioma Pampa e mata Atlântica, onde ocupa uma área de 176.496 km² (IBGE, 2004). As paisagens naturais do Pampa se caracterizam pelo predomínio dos campos nativos, mas há também a presença de matas ciliares, matas de encosta, matas de pau-ferro, formações arbustivas, banhados, afloramentos rochosos, etc.

Os componentes da paisagem supracitados contribuem para o desenvolvimento de NEOSSOLOS LITÓLICOS Eutróficos, NEOSSOLOS REGOLÍTICOS Distróficos, ARGISSOLOS VERMELHO-Amarelos Alumínicos e LATOSSOLOS VERMELHOS Distróficos (STRECK et al. 2008).

2.2 BASE CARTOGRÁFICA

Foram utilizadas cartas topográficas e planialtimétricas do Ministério do exército (1976), na escala 1:50.000, pertencentes ao Município de Santiago (Folha de Santiago

SH-21-X-D-II-1, MI 2946/1; Folha de Passo do Rosário SH-21-X-D-II-2, MI 2946/2; Folha de Monte Alegre SH-21-X-D-III-1, MI 2947/1 e Folha de Tupantuba SH-21-X-B-V-3, MI 2929/3). Essas cartas serviram como base para a definição dos limites da área de estudo, extração da rede de drenagem, bem como na aquisição de pontos de controle para o georreferenciamento das imagens digitais e da carta planialtimétrica (1:20.000), com curvas de nível equidistantes em 5 m (Figura 1).

Figura 1 - Mapa dos limites do município de Santiago, RS.



Visando a obtenção da precisão cartográfica quanto ao posicionamento dos objetos, realizou-se o pré-processamento das imagens, utilizando-se da correção geométrica. Essa correção foi obtida por meio do registro da imagem, mediante a aquisição de pontos de controle, tendo como sistema de referência as cartas topográficas do Ministério do exército (1976).

Para a classificação da imagem, inicialmente, fez-se a interpretação visual utilizando a chave de interpretação de imagens orbitais, que consistiu no reconhecimento de objetos presentes na imagem os quais serviram de amostras de treinamento que, segundo CRÓSTA (1992), essas áreas podem ser usadas como um padrão de comparação, com o qual todos os pixels desconhecidos da imagem serão comparados para decidir a qual classe pertence. Para a tomada de decisão, foi escolhida a classificação por vetorização (ENGESPAÇO, 1989; ALVES et al., 1993) (Figura 2).

As áreas dos diferentes usos do solo foram determinadas com o uso do programa Google Earth Pro 2016, por meio da função calcular áreas em polígonos, ao qual é possível obter os resultados em metros e hectares (Figura 2).

Figura 2 - Modo de obtenção das áreas em hectares.



3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As características de relevo e solos são os fatores com maior influência sobre o tamanho, a distribuição e o uso do solo determinando assim o tipo de ocupação na área de estudo e consequentemente a estrutura fundiária do município. Com o caminharmento e obtenção de pontos de controle foi possível fazer um levantamento bastante significativo do uso do solo no município e obter informações sobre a maioria das propriedades.

Com o auxílio das imagens digitais e do Google Earth Pro 2016, mediante processo interativo de análise e interpretação da imagem digital, foi possível elaborar uma base de dados de uso e ocupação do solo para o município de Santiago, obtendo-se as seguintes categorias de ocupação: agricultura, pastagem, floresta nativa em diferentes estágios de regeneração, florestamentos, açudes, área urbanizada e outros (Tabela 1).

Nota-se que a maior ocupação do solo encontrada no município pertence à categoria denominada Pastagens Nativas com 147.072 ha, aproximadamente 60,95 % da área total. Nesta categoria, também foram incluídas as áreas com solo exposto, que reconhecidamente estariam sendo destinadas à criação de rebanhos bovinos e ovinos (Tabela 1). Prevalecendo nessas áreas, a pecuária extensiva, onde o rebanho tem liberdade de procurar alimentação por uma grande área de campo. Essas áreas estavam localizadas e agrupadas geralmente próximas aos cursos d'água, observa-se também que o relevo é suave a médio ondulado (coxilhas), e conforme Streck (2008), o solo apresenta perfil baixo com afloramentos de rochas, designado como "campos duros". As maiores concentrações ocorrem a oeste, sudoeste e centro do município, fazendo divisa com o município de Itacurubi, Unistalda e São Francisco de Assis.

As áreas de cultivo denominadas de Lavouras Temporárias ocupam 50,426 ha, perfazendo 20,89% da área total. Conforme os dados obtidos junto ao IBGE, ASCAR e Secretaria da Agricultura do município de Santiago predomina nas Lavouras Temporárias a cultura da soja, com 37.000 ha plantados neste ano. Essas lavouras estão localizadas em sua maior parte na região norte, nordeste e leste do município, fazendo divisa com os municípios de Bossoroca, Capão do Cipó e Jari; ocupam solos com relevo plano e suave ondulado, além disso, o solo é mais profundo, classificado como LATOSSOLO VERMELHO (STRECK et al., 2008), o que propicia uma paisagem agricultável (Tabela 1, Figura 2). Ao contrário do que é encontrado no Rebordo do Planalto, em que predominam áreas de florestas e capoeiras, sendo que o relevo predominante é ondulado e escarpado fato que pode justificar a diferença no uso do solo entre as duas regiões (SAMUEL ROSA, 2011).

Destacam-se também, as áreas cobertas por Florestas Nativas, com 31.938 ha, ocupam 13,23% da área total do município, principalmente, distribuídas junto à rede de drenagem, existindo assim, uma continuidade da vegetação ao longo da rede de

drenagem. As manchas maiores de vegetação nativa ocorrem na área (oeste, sudoeste e sudeste), onde o relevo é ondulado e montanhoso (Tabela 1).

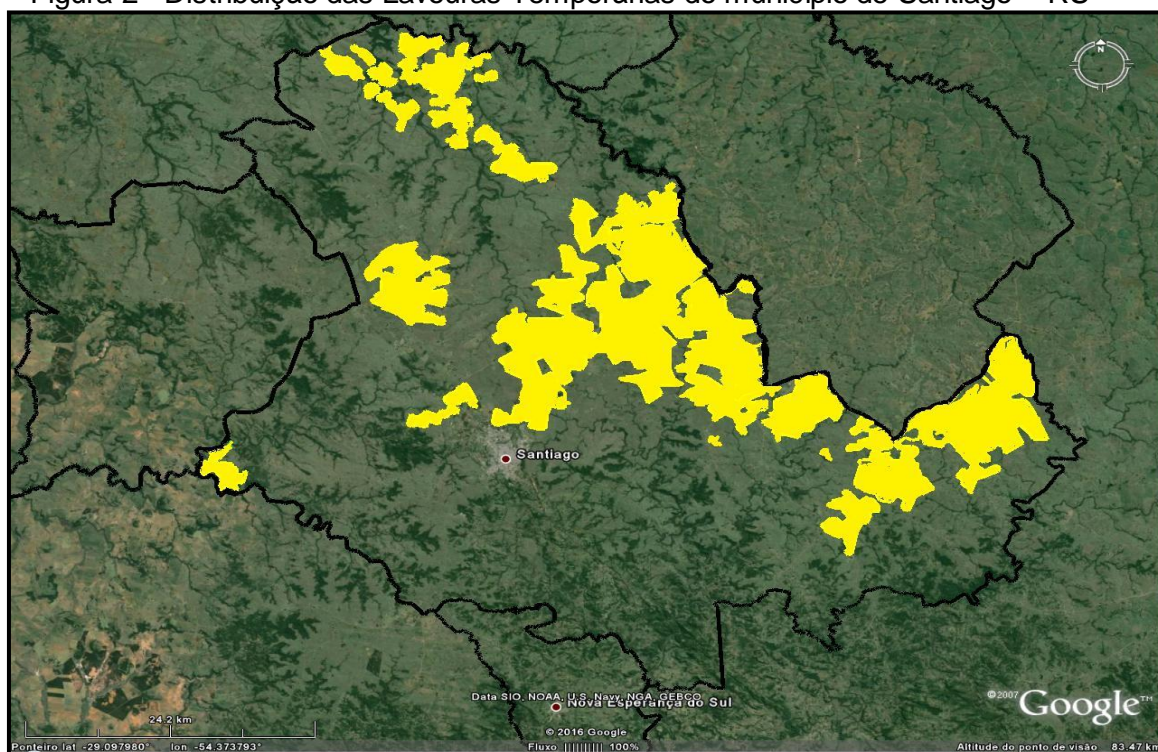
Por fim, Áreas Urbanas e Estradas que, ocupam a quarta maior porção de terras do município, com 5.962 ha (2,47%), seguidas das outras categorias menores, e de menor relevância dentro do contexto do município (Tabela 1).

Tabela 1 – Classes de uso e ocupação do solo do município de Santiago – RS.

Classes de uso e ocupação do solo	Área (ha)	Área (%)
Florestas Nativas	31.938	13,235
Reflorestamentos	701	0,290
Fruticultura	195	0,080
Lavouras Permanentes	505	0,209
Lavouras Temporárias	50.426	20,897
Pastagens Naturais	147.072	60,948
Pastagens Degradadas	325	0,135
Pastagens em Avançado Estágio de Degradação	59	0,024
Açudes	925	0,383
Sedes	1.267	0,525
Pântanos e Afloramentos Rochosos	1.932	0,800
Áreas Urbanas e Estradas	5.962	2,470
Área total do município	241.307	100%

O uso indevido do solo pode gerar uma degradação a ponto de resultar num retrocesso pedológico em algumas classes de solo (SAMUEL- ROSA, 2011). O que nos remete a utilizar este trabalho como base para estudos futuros de mapeamento dos solos na região de Santiago, no que tange a avaliação da capacidade de uso dos solos e a avaliação dos conflitos de uso do solo. Proporcionando assim, subsídios para o planejamento conservacionista da paisagem.

Figura 2 - Distribuição das Lavouras Temporárias do município de Santiago – RS



4 CONCLUSÕES

- A avaliação do uso do solo via imagens de satélite, junto com estudo das cartas topográficas e visitas a campo foi capaz de oferecer uma visão geral do objeto estudado, fornecendo subsídios para uma melhor adequação de uso do solo, seu planejamento rural e o manejo adequado dos recursos naturais do município de Santiago.
- No município de Santiago, as áreas agricultáveis estão situadas em locais de relevo plano a suave ondulado.
- O município de Santiago apresenta ocupação de seus solos, em sua grande maioria, destinadas a Pastagens Naturais, com pecuária extensiva e a Lavouras Temporárias, com o cultivo da soja.

REFERÊNCIAS

BENDER, A.J - **Sensoriamento Remoto, GPS** (Sistema de Posicionamento Global), Sistema de Informação Geográfica (SIG). Disponível em:
<http://professorandersonjosebender.blogspot.com.br/2012/04/sensoriamento-remoto-gps-sistema-de.html>. Acesso em: 11/05/2015

BRASIL. Ministério de Agricultura. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Rio Grande do Sul**. Recife, 1973.

CARTAS TOPOGRÁFICAS: Ministério do Exército – Departamento de Engenharia e Comunicações – DIRETORIA DE SERVIÇO GEOGRÁFICO – REGIÃO SUL DO BRASIL – 1:50.000 - **Folha de Santiago** SH-21-X-D-II-1, MI 2946/1; **Folha de Passo do Rosário** SH-21-X-D-II-2, MI 2946/2; **Folha de Monte Alegre** SH-21-X-D-III-1, MI 2947/1 e **Folha de Tupantuba** SH-21-X-B-V-3, MI 2929/3. (1976)

CRÓSTA, A.P. **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto**. Campinas: Instituto de Geociências, UNICAMP, 1992. 170 p

ENGESPAÇO. **Manual do usuário: SITIM 340/SGI**. São José dos Campos: INPE, 1989.

FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE – **Dados e Mapas – Bioma Pampa** – 2004.

GIASSON. E. – **Classificação da Capacidade de Uso do Solo. 2014** - Disponível em:
<http://pt.slideshare.net/elviogiasson/aula-sobre-classificacao-da-capacidade-de-uso-dos-solos?related=1> Acesso em: 11/05/15

GOOGLE EARTH PRO 2015, Data Sio. NOAA. U. S. Navy. NGA. GEBCO, US DeptofState Geographer. 2015. Acesso em: 07/05/15.

GOOGLE MAPS BRASIL. Disponível em: https://www.google.com.br/webhp?sourceid=chromeinstant&rlz=2C1CHVZ_ptBR0537BR0537&ion=1&espv=2&ie=UTF-8#q=google%20earth%20pro. Acesso em: 08/05/2015.

LAPOLLI, E.M.; ALVES, A.R.; BARCIA, R.M. **Classificação de imagens digitais: comparação entre vários métodos**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 7., 1993, Curitiba. Anais... Curitiba: SBSR, 1993. p.373-80.

MALUF, J.R.T. Nova classificação climática do Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.8, n.1, p.141-150, 2000. Disponível em: <<http://www.ufsm.br/rba/p14181.html>>. Acesso em: 12/05/2015.

MUTEIA, H. **O Aumento Populacional e os Desafios de Segurança Alimentar**- Rep. da FAO. (2009)

SAMUEL, A.R.; PABLO, M.; DALMOLIN, R.S.D.; PEDRON, F.A. **Uso da terra no Rebordo do Planalto do Rio Grande do Sul**. Ciência e Natura, UFSM, 33 (1): 161 - 173, 2011.

STRECK, E.V. et.al. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2.ed. Porto Alegre EMATER/RS, 2008. 222 p.

ANÁLISE ESPACIAL UTILIZANDO DUAS TÉCNICAS DE INTERPOLAÇÃO EM UMA UNIDADE AMOSTRAL NO PARQUE ESTADUAL DO ESPINILHO

Spatial Analysis using two interpolation techniques on a sample unit in the Parque Estadual do Espinilho

Cássio Thomas da Silveira¹, Lucio de Paula Amaral², Rafael Marques Nascimento³

¹PPGAP, Mestrado Profissional em Agricultura, Simplicio Jacques, 97541-480, Alegrete – RS, Brasil, eng.flor.cassio@gmail.com

²DER, CCR, UFSM, Campus Sede - Prédio 44J - 2º piso, CEP, Santa Maria - RS, Brasil, amaralufsm@gmail.com

³PPGAP, Mestrado Profissional em Agricultura, General marques, 97300-000, Santa Maria – RS, Brasil, rafiusqnascimento@hotmail.com

RESUMO

A geração de mapas juntamente com o auxílio dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e do processamento de dados através do uso das geotecnologias, são ferramentas para a análise espacial de informações obtidas de pesquisas, verificando se os dados estudados demonstram padrões espaciais. Este tipo de estudo é de extrema importância, pois permite analisar a distribuição espacial de dados de uma pesquisa previamente executada e pode permitir um melhor entendimento das relações ali existentes. O presente trabalho tem por objetivo analisar e comparar a variabilidade espacial de duas espécies arbóreas: Prosopis affinis Spreng. – Inhanduvá e Prosopis nigra (Griseb.) Hieron. – Algarrobo com maior número de indivíduos, encontradas em uma parcela amostral no Parque Estadual do Espinilho (PEE), localizado no município de Barra do Quaraí, RS, Brasil, através de duas interpolações (IDW e Kernel) no SIG ArcGIS®. Ao avaliar as duas superfícies geradas de cada espécie, observou-se que as espécies estudadas possuem uma distribuição espacial diferenciada entre si.

Palavras-chave: Análise espacial. Interpolação. Espinilho.

ABSTRACT

The generation of maps together with the help of Geographic Information Systems (GIS) and the processing of data through the use of geotechnologies are tools for the spatial analysis of information obtained from surveys, verifying if the data studied demonstrate spatial patterns. This type of study is extremely important because it allows analyzing the spatial distribution of data from a previously executed research and can allow a better understanding of the existing relationships. The present work aims to analyze and compare the spatial variability of two tree species: Prosopis affinis Spreng. - Inhanduvá and Prosopis nigra (Griseb.) Hieron. - Algarrobo with the highest number of individuals, found in a sample plot in Parque Estadual do Espinilho (PEE), located in the city of Barra do Quaraí, RS, Brazil, through two interpolations (IDW and Kernel) in the GIS ArcGIS®. When evaluating the two generated surfaces of each species, it was observed that the studied species have a spatial distribution differentiated between them.

Keywords: Spatial analysis. Interpolation. Espinilho.

1. INTRODUÇÃO

Através de levantamentos fitossociológicos, é possível classificar relações e demonstrar distribuições de associações de espécies vegetais em uma determinada área ocupada com vegetação natural. Este tipo de estudo é de extrema importância, pois permite analisar a distribuição espacial das árvores de uma determinada formação vegetacional, o que pode permitir um melhor entendimento das relações ali existentes a partir da análise do comportamento espacial das espécies, através da utilização de um

Sistema de Informações Geográficas (SIG). Conforme Davis e Câmara (2016), o SIG é um sistema que recupera informações tomando como base as características alfanuméricas e sua localização espacial realizando o tratamento computacional de dados geográficos. Com este sistema é possível ter uma visão ampla do ambiente de trabalho para quem está manipulando, permitindo fácil acesso a todas as informações disponíveis referentes a um determinado assunto com base na localização geográfica. Por isso a geometria e os atributos dos dados de um SIG devem estar georreferenciados, ou seja, representados em uma projeção cartográfica a partir de sua localização na superfície terrestre.

Segundo Longley (2013), a capacidade de calcular e manipular distâncias está por trás de muitas formas de análise espacial dentro de um SIG. Dentro dessa análise espacial, podem ser utilizadas técnicas de interpolação visando através do processamento dos dados, buscar uma estimativa razoável dos valores de campo em locais onde não foram feitas medidas.

Em vista disso, no presente estudo, busca-se através do levantamento fitossociológico, juntamente com a utilização da geotecnologia, realizar a análise espacial de espécies mais encontradas em uma parcela amostral no Parque Estadual do Espinilho, localizado no município de Barra do Quaraí, Rio Grande do Sul, através da interpolação por ponderação pelo inverso da distância (IDW) e densidade de Kernel. Demonstrando assim, através do uso de mapas gerados, distribuições e diferenciação de estratos das espécies predominantes no local do estudo bem como sua visível competição por recursos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado na Unidade de Conservação Parque Estadual do Espinilho (PEE), localizado no município brasileiro de Barra do Quaraí, no extremo sudoeste do Rio Grande do Sul. A coleta de dados na área do estudo foi obtida por uma pesquisa realizada no local em 2009 por Watzlawick et al. (2014), que consistiu em um levantamento florístico e análise fitossociológica a partir da instalação de parcelas amostrais permanentes, com dimensão de 4 ha (200 x 200 m), subdividida em 400 subunidades de 100 m² (10 x 10 m) como pode-se observar o croqui na Figura 1. Os dados dendrométricos levantados foram (circunferência e altura) medidos com *fita métrica* e o *hipsômetro Vertex III* respectivamente, de todos os indivíduos arbóreos com circunferência (C) $\geq 15,7$ cm, a 30 cm do nível do solo. Foi utilizado um receptor GPS de navegação para o georreferenciamento do canto de origem da parcela amostrada.

Figura 1- Croqui da unidade amostral no PEE, 2016.



Fonte: autor, 2016.

No presente estudo, os dados de campo do levantamento foram tabulados utilizando o editor de planilhas Excel, para elaboração de tabela dinâmica e posteriormente foi importado para o SIG ArcGIS®, convertidos em *shapefile* de feição

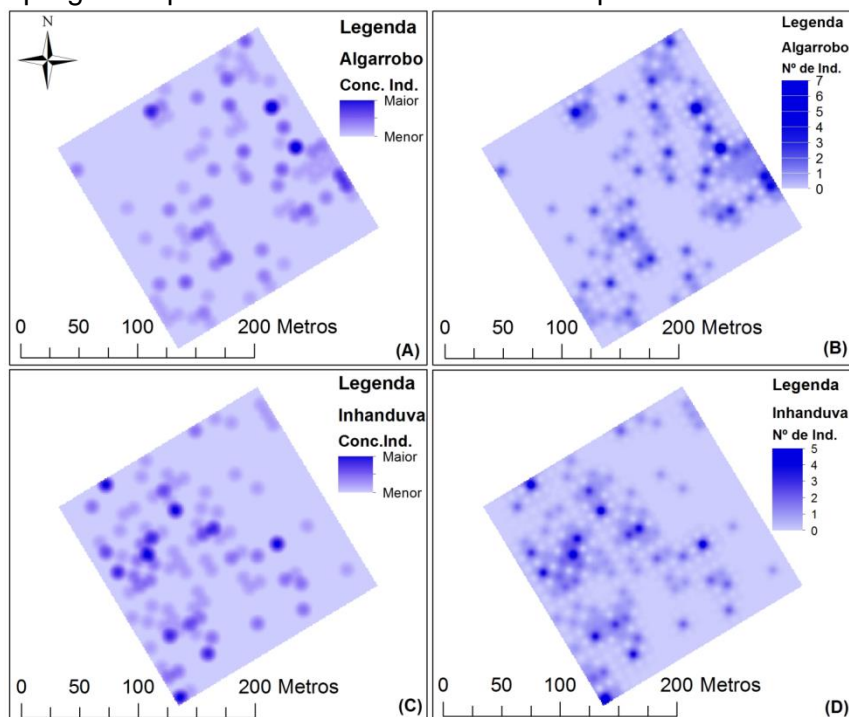
pontual, para posterior interpolação do número de indivíduos por ponderação pelo inverso da distância (IDW) e densidade de Kernel, afim de gerar superfícies que descreveram a variabilidade espacial das espécies mais encontradas na unidade amostral do PEE. Segundo Mitas e Mitasova (1999), o método de interpolação IDW, é atribuído a pontos de amostragem através da utilização de um coeficiente ponderador que controla como a influência da ponderação irá reduzir à medida que a distância, a partir do ponto desconhecido, aumenta. Conforme o coeficiente aumenta, o valor do ponto desconhecido se aproxima do valor do ponto de observação mais próximo (aumenta a covariância entre os valores). Já a interpolação pela densidade de Kernel, segundo Longley (2013), refere-se a cada ponto amostrado uma “função Kernel” e o conjunto dessas funções são reunidas para se obter a superfície e cada ponto é substituído pela sua função Kernel e as várias funções Kernel são reunidas para se obter uma superfície agregada, ou seja, agregam-se os pontos amostrais e gera-se um campo contínuo através de suas densidades.

Após o processamento dos dados, interpolação e geração dos mapas das duas (2) espécies encontradas na unidade amostral através do SIG *ArcGis*®, comparou-se as superfícies geradas nas duas interpolações e organizou-as em uma figura de fácil visibilidade dos aspectos encontrados, podendo assim, inferir em relação a dinâmica e comportamento das espécies florestais nativas encontradas no local do estudo bem como sua competição interespecífica presente, fato este que pode ser verificado no comportamento dos indivíduos presentes no mapa da análise espacial com as interpolações geradas.

3. RESULTADOS

Pode-se observar, dentre os indivíduos existentes na amostragem realizada que as espécies *Prosopis affinis* Spreng. – Inhanduvá e *Prosopis nigra* (Griseb.) Hieron. – Algarrobo, mostraram uma distribuição espacial diferenciada entre si, possivelmente devido ao fato da busca por luminosidade e possível competição inter-específica. Os resultados encontrados a partir da geração dos mapas interpolados pela Ponderação do Inverso da Distância (IDW) e pela densidade de Kernel podem ser observados na Figura 2, a qual demonstra a distribuição espacial das duas espécies encontradas na parcela amostral do estudo e sua comparação através do mapa gerado das duas interpolações utilizadas nesse estudo.

Figura 2 – Mapa gerado pelos estimadores Kernel e IDW pelo SIG ArcGis.



Legenda: (A)= mapa Kernel, *Prosopis nigra* (Griseb.) Hieron. – Algarrobo; (B)= mapa IDW, *Prosopis nigra* (Griseb.) Hieron. – Algarrobo; (C)= mapa Kernel, *Prosopis affinis* Spreng. – Inhanduvá; (D)= mapa IDW, *Prosopis affinis* Spreng. – Inhanduvá.

Ao analisar os mapas de interpolação, aparentemente, as espécies *Prosopis affinis* e *Prosopis nigra* ocorrem em zonas diferentes dentro da parcela permanente. A primeira ocorre na porção oeste da parcela e a segunda na porção leste e as duas técnicas de interpolação utilizadas tem resultados próximos ao analisar as figuras geradas acima e que ambas são indicadas para a finalidade em questão, necessitando de mais estudos para indicar com exatidão a melhor.

De maneira geral as espécies apresentam o padrão espacial de distribuição de árvores no Espinilho, ou seja, árvores esparsas em meio a uma matriz herbácea. Seria indicado ainda realizar coletas de amostras de solo, para fins de análise dos atributos de fertilidade e físicos, para correlacionar o comportamento destas espécies com a variabilidade do solo. Estas correlações espaciais podem dar mais subsídios para explicar o comportamento da vegetação arbórea.

4. CONCLUSÕES

Após a realização deste trabalho, foi possível concluir que o levantamento fitossociológico, juntamente com a utilização da geotecnologia, aliado ao uso do SIG, formam uma ferramenta de alta funcionalidade, visibilidade e confiabilidade, devido ao banco de dados gerado pelo SIG e a segurança dos dados contidos no mesmo. Ressalta-se também que a metodologia utilizada, respondeu ao esperado devido aos resultados por ela obtido e indica-se a futuras pesquisas do gênero, não só na área do presente estudo como em outras formações vegetacionais. Enfatizasse também o fato da importância deste tipo de estudo para avaliação comportamental de espécies florestais, demonstrando através da sua distribuição espacial no terreno a diferenciação de extratos em um Parque Estadual com vegetação arbórea nativa no estado do Rio Grande do Sul.

REFERÊNCIAS

DAVIS, Clodoveu. & CAMÂRA, Gilberto. **Arquitetura de sistemas de informação geográfica**. Divisão de Processamento de Imagens/Inpe. Editorado pelos próprios autores. Disponível em: < <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/cap3-arquitetura.pdf>>. Acesso em: 27 ago 2016.

LONGLEY, P. A. et al. **Sistemas e Ciência da Informação Geográfica**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. 540p.

MITAS, L.,H. MITASOVA. **Spatial interpolation**. In Geographical Information Systems: Principles, Techniques, Management and Applications, edited by P. Longley, M. F. Goodchild, D. J. Maguire and D. W. Rhind, 481-492. Vol. 1. Wiley, 1999.

WATZLAWICK, Luciano Farinha et al. Aspectos da Vegetação Arbórea em Fragmento de Estepe Estacional Savanícola, Barra do Quaraí-RS, Brasil. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v.24, n. 1, p. 23-36, jan.-mar., 2014. ISSN 0103-9954

VARIABILIDADE ESPACIAL DO ESTOQUE DE CARBONO DE UM NEOSSOLO REGOLÍTICO EUTRÓFICO, SOB CAMPO NATIVO E A SUA RELAÇÃO COM OS ATRIBUTOS DO TERRENO

Spatial variability of carbon stock a NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico under native field and its relationship with terrain attributes

Lenon Vaz¹, Júlio Cesar Wincher Soares², Claiton Ruviaro³, Daniel Nunes Krum¹, Guilherme Fávero¹, Thiago Floriano Cardoso¹, Nádia Mariane Mucha¹, Gustavo Lamana¹, Dener dos Santos¹.

¹Graduando (a) em Agronomia. Laboratório de Solos da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI, Campus Santiago. Avenida Batista Bonoto Sobrinho, Santiago-RS, CEP: 97700-000. lenonvaz7@outlook.com

²Professor Dr. do Curso de Agronomia e de Ciências da Computação. Laboratório de Solos da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI, Campus Santiago. juliowincher@gmail.com.

³Professor Coord. Dr. do Curso de Agronomia. Laboratório de Solos da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI, Campus Santiago. ruviaro@urisantiago.br.

RESUMO

A humanidade tem contribuído com importantes alterações no ciclo global de carbono. Nos sítios agrícolas os processos erosivos removem os estoques de carbono orgânico do solo (SOC) do local de formação, resultando no seu enterro em ambientes deposicionais. Há, contudo, poucas informações sobre a relação da geomorfologia com a redistribuição do SOC em encostas sob pastagens. Assim, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a variabilidade do SOC, sob campo nativo e a sua relação com a geomorfologia da encosta. Foi utilizado um *grid* amostral de 15 x 15 m, totalizando 52 pontos de prospecção. A variabilidade espacial do estoque de carbono orgânico do solo (SOC) foi avaliada com Geoestatística. Os planos digitais dos atributos do terreno e do SOC, e a sobreposição desses planos foram implementados no Sistema de Informações Geográficas (SIG). O SOC apresentou dependência espacial moderada. A declividade e o Fator LS do terreno são inversamente proporcionais ao SOC. Já o índice de umidade do terreno (IUT) é diretamente proporcional ao SOC.

Palavras-chave: Pastagem. Geomorfologia. Sequestro de carbono orgânico.

ABSTRACT

Humanity has contributed to major changes in the global carbon cycle. In agricultural sites erosive processes remove the soil carbon stocks (SOC) training site, resulting in his burial in depositional environments. There is, however, little information on the relationship of geomorphology with the redistribution of SOC on hill under pasture. Thus, this study aimed to evaluate the variability of SOC under native field and its relationship with the geomorphology of the hill, a sampling grid of 15 x 15 m, totaling 52 points prospecting was used. The spatial variability of the stock of soil organic carbon (SOC) was evaluated with geostatistics. Digital plans of the terrain attributes and the SOC, and superimposition of these plans were implemented in the Geographic Information System (GIS). The SOC had moderate spatial dependence. The slope and the LS factor are inversely proportional to the SOC. But the topographic wetness index (IUT) is directly proportional to the SOC.

Keywords: Grasslands. Geomorphology. Organic carbon sequestration.

1 INTRODUÇÃO

A humanidade tem contribuído com importantes alterações no ciclo global de carbono (AMUNDSON, 2001). O estoque de carbono do solo (C) é predito em 2500 Gt, incluindo cerca de 1550 Gt de carbono orgânico do solo (SOC) e 950 Gt de carbono inorgânico do solo (SIC). O estoque no solo é 3,3 vezes o tamanho dissolvido na atmosférica (760 Gt) e 4,5 vezes o tamanho do estoque biótico (560 Gt) (LAL, 2004).

Promover o reconhecimento do espaço físico é um subsídio imprescindível para as ações de planejamento e gestão territorial. Conforme Batjes (1999), dentre os estudos necessários para o desenvolvimento de programas de Gestão Conservacionista da Paisagem, estão a classificação dos solos e a descrição da dinâmica dos estoques de carbono (SOC) num bioma ou região agroecológica.

Conforme o Soil Survey Staff (1951), os solos são corpos naturais, que ocupam porções na superfície terrestre, suportam plantas, as edificações do homem e apresentam propriedades resultantes da atuação integrada do clima e dos organismos, atuando sobre o material de origem, condicionado pelo relevo, durante um período de tempo.

Em 1941 Hans Jenny concluiu que os fatores de formação do solo não são forças ou causas, mas variáveis independentes, descreveu que o solo é função do clima, dos organismos e do relevo agindo sobre o material de origem durante um determinado período de tempo (JENNY, 1941).

Dentre os fatores de formação utilizados para o estudo do solo, destacam-se os atributos que estão relacionados com o terreno. Estes atributos são extraídos de modelos digitais de elevação (MDE) e conforme a sua ordem de processamento, são classificados em primários e secundários. Conforme Wilson e Gallant (2000), a elevação, o declive, o aspecto, a curvatura do plano e do perfil, e a área de contribuição são os atributos primários. Os atributos secundários são calculados a partir de dois ou mais atributos primários e sua importância está atrelada a aptidão de identificar um padrão em função de processos.

Nos sítios agrícolas os processos erosivos removem o SOC do local de formação, resultando no seu enterro em ambientes deposicionais (VAN OOST et al., 2007). Há, contudo, poucas informações sobre a relação da geomorfologia com a redistribuição do SOC em encostas sob pastagens. Desta forma, é de suma importância compreender a variabilidade espacial do SOC e a sua redistribuição nesses ambientes.

A hipótese do presente trabalho é que as feições do relevo condicionam os fluxos de água, de sedimentos e solutos numa encosta, contribuindo para a conformação do SOC.

Assim, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a variabilidade do SOC, sob campo nativo e a sua relação com a geomorfologia da encosta.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado numa encosta de 1,17 ha da Fazenda Escola da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Campus Santiago, com coordenadas centrais UTM 705.589 E e 6.769.112 N (SIRGAS 2000, zona 21 J).

Conforme a classificação de Köppen, o tipo climático predominante é o Cfa, subtropical úmido com precipitação abundante em todos os meses do ano, perfazendo uma precipitação anual de 1.919 mm, com temperatura média anual de 17,9°C (MORENO, 1961). O relevo por sua vez, apresenta formas que vão de suave ondulado a ondulado, com altitudes que alcançam cerca de 394 metros.

O componente geológico é formado principalmente por rochas sedimentares (arenitos e lutitos) e vulcânicas (basalto e riólito) distribuídas nos compartimentos geomorfológicos do Planalto da Campanha, Planalto das Missões, Planalto das Araucárias e a Depressão Central (IBGE, 2003).

A vegetação encontra-se sob o domínio da Estepe Estacional, da Floresta Estacional Decidual e da Estepe Ombrófila (LEITE, 2002), distribuídas nos Biomas do Pampa e da Mata Atlântica (IBGE, 2004). Na composição do uso do solo e cobertura vegetal, predominam cultivos agrícolas, formações campestres e florestas nativas em diferentes estágios regenerativos.

Desta forma, esses componentes da paisagem contribuem para a formação de diferentes classes de solos, em uma escala de desenvolvimento que vai de NEOSSOLO LITOLICO Eutrófico até LATOSSOLO VERMELHO Distrófico (STRECK et al., 2008).

Foi avaliado um NEOSSOLO LITOLICO Eutrófico, sob campo nativo, por meio de 52 pontos de uma malha com intervalos regulares de 15 m (15 x 15 m). As prospecções foram realizadas até o limite superior do horizonte Cr.

Para alocação dos pontos foi empregado um receptor GNSS (*Global navigation Satellite System*), com dupla frequência (L1/L2) e disponibilidade de *Real Time Kinematic* (RTK), o Datum horizontal utilizado foi o SIRGAS 2000.

Durante as prospecções foram coletadas amostras deformadas e indeformadas para a determinação da densidade do solo (Ds) e do teor de carbono orgânico (Co). A análise da Ds foi realizada conforme Donagema (2011) e o teor de Co foi determinado conforme Raij et al., (2001). O SOC foi obtido com o emprego da equação (1):

$$\text{SOC} = \frac{(\text{Co} \times \text{Ds} \times \text{prof.})}{10}$$

em que: SOC = estoque de carbono do solo (Mg ha^{-1}); Co = teor de carbono do solo (g kg^{-1}); Ds = densidade do solo (g cm^{-3}); e prof. = profundidade do solo (cm).

No Sistema de Informações Geográficas (SIG) foram extraídos do Modelo Digital de Elevação (MDE), com 0,5 m de resolução os atributos do terreno: elevação, declividade, curvatura planar (C.plan), curvatura do perfil (C.perf), fator topográfico (LS) e o índice de umidade topográfica (IUT).

A variabilidade das variáveis foi avaliada, primeiramente, pela análise estatística descritiva. A normalidade dos dados foi testada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov, ao nível de 5% de significância.

A dependência espacial das variáveis do solo foi avaliada por meio da análise geoestatística. Foram estabelecidos semivariogramas, partindo das pressuposições de estacionalidade da hipótese intrínseca e do cálculo da função semivariância e dos ajustes dos modelos teóricos. O ajuste do semivariograma foi observado pelo maior valor do coeficiente de determinação (R^2) e pelo menor valor de erro quadrático médio (EQM).

Do ajuste de um modelo matemático aos dados, foram definidos os seguintes parâmetros: efeito pepita, patamar e alcance. Posteriormente, o grau de dependência espacial (GDE) foi classificado conforme Cambardella et al. (1994), onde a dependência espacial é fraca, quando a razão do efeito pepita for superior a 75 % do patamar, a dependência espacial moderada, quando a razão do efeito pepita for superior a 25 % e inferior ou igual a 75 % do patamar e a dependência espacial forte, quando a razão do efeito pepita for inferior ou igual a 25 % do patamar.

Posteriormente, os mapas de distribuição espacial das variáveis do solo foram elaborados no Sistema de Informações Geográficas (SIG) com o emprego de um algoritmo preditor, a Krigagem ordinária, que permitiu o maior detalhamento espacial dos fenômenos estudados. Para analisar o relacionamento entre o SOC e os atributos do terreno, procedeu-se com a sobreposição dos diferentes planos de informação.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados referentes à análise descritiva para o Carbono orgânico (CO), densidade do solo (DS), profundidade do solo (Prof) e estoque de carbono orgânico do

solo (SOC), apresentados na tabela 1, indicam que apenas o SOC não apresentou distribuição normal.

Tabela 1 - Análises descritivas das propriedades do solo e parâmetros do semivariograma ajustado para o SOC de um NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico, sob Campo Nativo.

Campos Nativos:								
Propriedade	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão	CV(%)	K-S	Sig	
CO (g kg ⁻¹)	25,70	53,10	35,31	5,75	16,0	0,0696	0,764	
DS (g cm ⁻³)	0,99	1,55	1,34	0,10	8,0	0,0404	1,000	
Prof. (cm)	5,00	110,00	32,84	26,48	81,0	0,0544	0,963	
SOC (Mg ha ⁻¹)	3,06	300,96	84,77	75,08	88,0	0,1977	0,000	
	Modelo	Alcance	Patamar	Pepita	R²	EQM	Dep.	GDE (%)
SOC (Mg ha ⁻¹)	Exponencial	200.0	5636.6	3086.2	0.73	3177.51	Moderada	54.75

CO: Carbono orgânico. DS: Densidade do solo. Prof: Profundidade do solo. SOC: Estoque de carbono orgânico do solo CV: Coeficiente de variação. K-S: Teste de Kolmogorov-Smirnov. Sig: Significância (p<0,05). R²: Coeficiente de determinação do modelo. EQM: Erro quadrático médio. Dep.: Dependência. GDE: Grau de dependência espacial.

O valor médio de CO foi de 35,31 g Kg⁻¹, considerando os valores descritos por Bernoux et al. (2001), o solo encontrou-se dentro da média nacional. De acordo com a classificação de Warrick e Nielsen (1980), o CO apresentou variabilidade média dos dados (16 %) (Tabela 1).

Conforme a tabela 1, o valor médio determinado para a DS foi de 1,34 g.cm⁻³, considerado aceitável para a maioria dos cultivos. Conforme Warrick e Nielsen (1980) a DS é uma propriedade que apresenta baixo coeficiente de variação (< 10,0 %), corroborando com os valores encontrados de 8,0 %.

A profundidade do solo variou de 5 cm a 110 cm, com valor médio de 32 cm, apresentando elevado coeficiente de variação (81,0 %) (Tabela 1). Assim, a profundidade do solo da área de estudo indica a possível ocorrência do NEOSSOLO LITÓLICO, conforme o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (2013). Porém, o levantamento do solo da área de estudo foi classificado como detalhado, não englobando a possível inclusão do NEOSSOLO LITÓLICO.

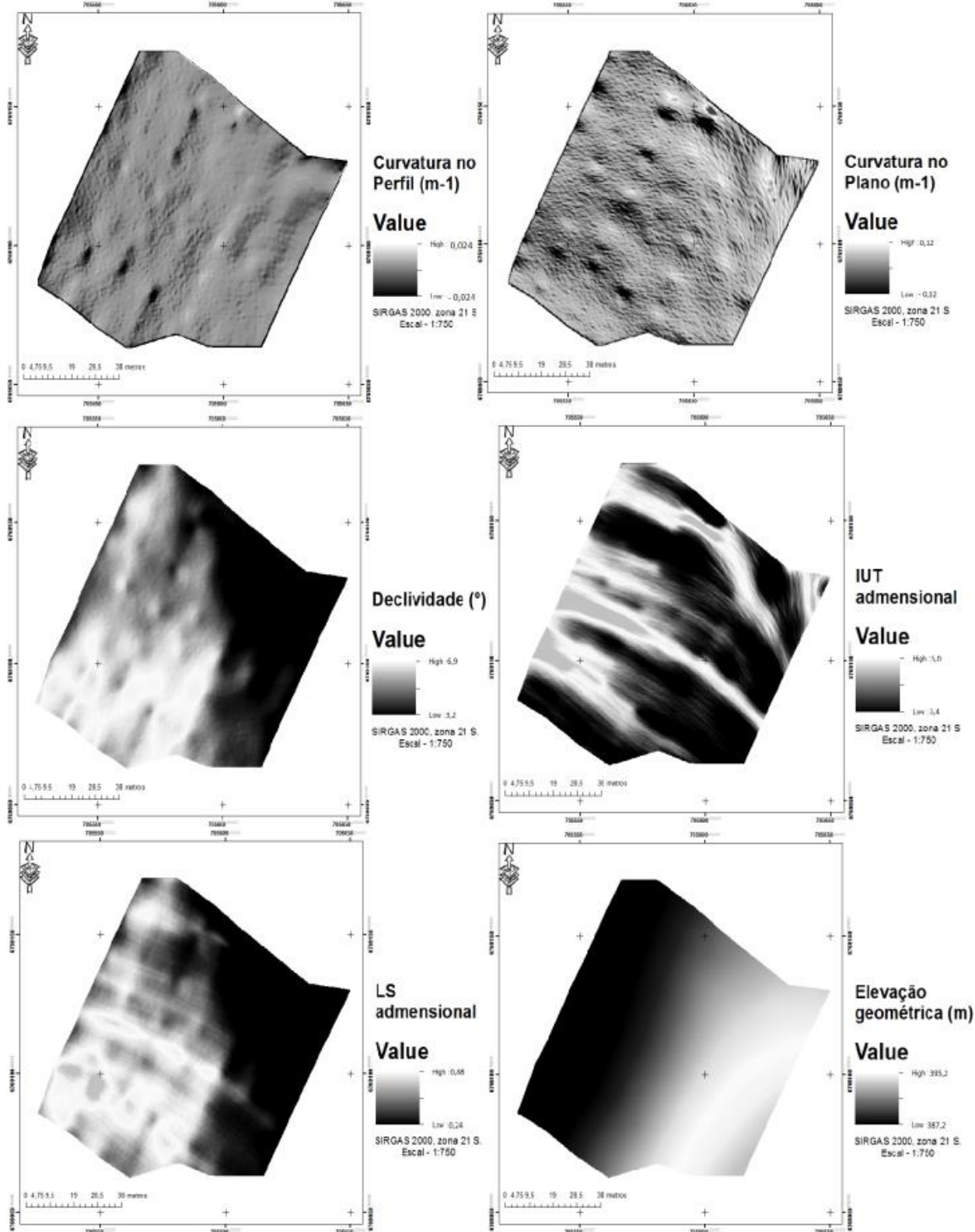
O valor mínimo de SOC foi de 3,06 Mg ha⁻¹ e o valor máximo de 300,96 Mg ha⁻¹, com média de 84,77 Mg ha⁻¹ (Tabela 1). O valor médio é semelhante ao encontrado por Braz et al. (2004), com SOC de 85,1 Mg ha⁻¹ numa área de pastagem, para a profundidade de 1 m. Os valores de SOC podem estar atrelados, em parte, a deposições contínuas e variadas de diversos materiais orgânicos com diferentes graus de decomposição, dada a diversidade vegetal da pastagem natural. Nos ecossistemas nativos a matéria orgânica do solo (MOS) encontra-se em equilíbrio dinâmico onde as entradas e saídas se compensam (DIAS-FILHO, 2006).

De acordo com a tabela 1, o SOC possui elevado coeficiente de variação (CV = 88%), tendo relação direta com a profundidade do solo. Também, o SOC apresentou um alcance de 200 m, ajustando-se ao modelo exponencial, comportamento observado por Alho et al. (2014), com valor de 0,73 do coeficiente de determinação (R²). De acordo com Cambardella et al. (1994), o SOC apresentou um grau de dependência espacial (GDE) moderado, com efeito pepita variando 54,75 % do patamar (Tabela 1).

Conforme a figura 1, todos os atributos do terreno apresentaram uma considerável variabilidade espacial dentro da encosta. A representação matemática computacional da altimetria indica uma tendência de redução dos valores de leste para oeste. Já a distribuição espacial da declividade apresentou um padrão complexo; conforme a classificação proposta por Ramalho Filho e Beek (1995), no terço superior foram observadas feições de relevo suave ondulado; na direção sudoeste há um incremento na declividade, predominando o relevo moderadamente ondulado.

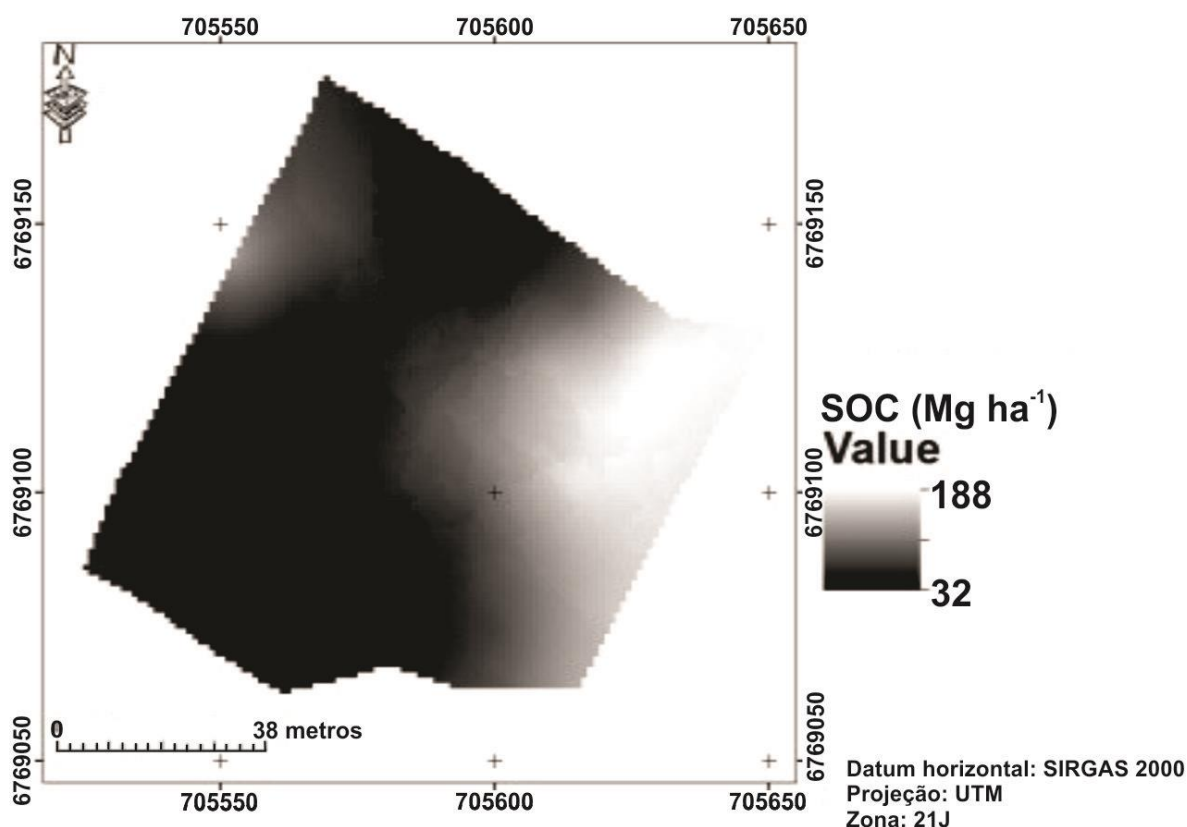
A distribuição espacial da C.plan e da C.perf indicaram um comportamento retilíneo da encosta, com fluxos convergentes do sentido leste para oeste. O padrão espacial do fator LS, indicou a ocorrência do escoamento concentrado com alta energia nas feições côncavas, convergindo para as áreas de depósito. O IUT indicou uma tendência de maior acúmulo de água no solo dessas áreas.

Figura 1 - Mapas da distribuição espacial dos atributos do terreno.



Com a sobreposição do mapa de distribuição do SOC e dos atributos do terreno (Figura 1, Figura 2), observou-se que os maiores valores do SOC estão distribuídos no terço superior da encosta, sob relevo suave ondulado, onde os processos erosivos são pouco intensos. Também, foram observados valores elevados do SOC numa pequena área de depósito no sentido noroeste, onde ocorre o decréscimo do fator LS e o incremento no IUT. As áreas que apresentaram valores elevados de declividade e do fator LS possuem os menores valores do SOC, esse fenômeno pode estar relacionado com a menor profundidade do solo.

Figura 2 - Mapa da distribuição espacial do estoque de carbono orgânico de um NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico, sob Campo Nativo.



Para futuras pesquisas, podemos relacionar diferentes pixels dos planos digitais de atributos do terreno com os mesmos pixels no plano digital do SOC utilizando a análise de correlação ou a análise de componentes principais (PCA). Posteriormente, agrupar os valores do SOC com os diferentes valores dos atributos do terreno empregando a análise de agrupamentos (*cluster*) e a análise discriminante.

4 CONCLUSÕES

- O NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico, sob campo nativo possui elevado potencial para o sequestro de carbono orgânico.
- A densidade amostral mostrou-se de grande importância para as definições do SOC com exatidão.
- O SOC apresentou dependência espacial moderada.
- Foram observadas relações entre os atributos do terreno e os valores do SOC.
- A declividade e o Fator LS do terreno são inversamente proporcionais ao SOC.
- O índice de umidade do terreno (IUT) é diretamente proporcional ao SOC.

REFERÊNCIAS

- ALHO, L. C. et al. Variabilidade espacial da estabilidade de agregados e estoque de carbono em Cambissolo e Argissolo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 44, n. 3, p. 246-254, 2014.
- AMUNDSON, J. et. al. The Carbon Budget in Soils. **Annual Review of Earth and Planetary Sciences**, n. 1, vol. 29, p. 535-562, May.2001.
- BATJES, N. H. Management options for reducing CO₂ concentrations in the atmosphere by increasing carbon sequestration in the soil. Bilthoven: Dutch National Research Programme on Global Air Pollution and Climate Change, NRP Report, 1999. (**Nota Técnica, nº410-200-03130**)
- BERNOUX, M. et al. CO₂ emission from mineral soils following land-cover change in Brazil. **Global Change Biology**, Oxford, v. 7, p. 779-787, 2001.
- BRAZ, S. P. et al. Degradação de pastagens, matéria orgânica do solo e a recuperação do potencial produtivo em sistemas de baixo "input" tecnológico na região dos cerrados, **Embrapa Agrobiologia**, Seropédica, Dez. 2004. 8 p. (Circular Técnica, 9).
- CAMBARDELLA, C. A. et al. Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 58, n.5, P. 1501-1511, Sept.1994.
- D'ANDRÉA, A. F. et al. Estoque de carbono e nitrogênio e formas de nitrogênio mineral em um solo submetido a diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa agropecuária Brasileira**. Brasília, v.39, n.2, p. 179-186, fev. 2004.
- DIAS-FILHO, M. B. Sistemas silvipastoris na recuperação de pastagens degradadas. **Embrapa Amazônia Oriental**. Belém, n.1, 31p, Dez.2006.
- DONAGEMA, G.K.; CAMPOS, D.V.B. de; CALDERANO, S.B.; et al. Manual de métodos de análise de solos. **Embrapa Solos**, Rio de Janeiro, n. 2, 2011. 230p.
- EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa, 2013. 353p.
- IBGE. **Mapa de Biomas do Brasil, primeira aproximação**. Rio de Janeiro: IBGE, 2004.
- _____. **Mapas temáticos do Projeto RADAMBRASIL do Rio Grande do Sul na escala 1:250.000**. IBGE/SAA - RS, Florianópolis. 2003 CD - ROM.
- JENNY, H. **Factors of soil formation; a system of quantitative pedology**. New York: McGraw-Hill, 1941. 281p.
- LAL, R. Soil carbon sequestration to mitigate climate change. **Geoderma**. Amsterdam, v. 123, n. 1/2, p. 1-22, Nov. 2004.
- LAL, R., HALL, G. F., MILLER, P. 1989. Soil degradation: I. Basic processes. **Land Degradation & Rehabilitation**, v. 1, p. 51-69, 1989.
- LEITE, P. F. Contribuição ao conhecimento fitoecológico do sul do Brasil. **Cienc. Ambient**, v. 24, n. 1, p.51-73, 2002.

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 42p, 1961.

RAIJ, B. VAN. et al. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. 285p.

RAMALHO-FILHO, A.; BEEK, K. J. Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras, Rio de Janeiro. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**, n. 3, p. 65, 1995.

USDA. Soil Conservation Service. Soil Survey Staff. **Soil Survey Manual**. Washington: Govt. Print. Off., 1951. 503 p.

VAN OOST, K. The impact of Agricultural Soil Erosion on the Global Carbon Cycle. Estados Unidos da América, **Science**, v. 318, p. 626-629, 2007.

WARRICK, A. W., NIELSEN, D. R. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: HILLEL, D. **Applications of soil physics**. New York, Academic Press, p. 319-344, 1980.

WILSON, J. P.; GALLANT, J. C. Digital terrain analysis (Ed.). **Terrain analysis: principles and applications**. New York: Wiley & Sons, 2000. p. 1-27.

ELABORAÇÃO DO ZONEAMENTO ECOLÓGICO-ECONÔMICO DE SILVEIRA MARTINS COM AUXÍLIO DAS GEOTECNOLOGIAS

*Ecological-economic zoning preparation of Silveira Martins with
geotechnologies*

Márcio Viera¹, Franciele Francisca Marmentini Rovani²

¹Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima, n° 1000, Campus UFSM, Prédio 70, Bairro Camobi, CEP: 97105-900, Santa Maria - RS, Brasil. E-mail: marcio.viera@ufsm.br ²Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima, n° 1000, Campus UFSM, Prédio 17, Bairro Camobi, CEP: 97105-900, Santa Maria - RS, Brasil. E-mail: franciele.rovani@yahoo.com.br

RESUMO

Este estudo teve por objetivo a elaboração do Zoneamento Ecológico-Econômico do município de Silveira Martins, RS. Para isso, elaborou-se um banco de dados espaciais em um ambiente de Sistemas de Informações Geográficas com auxílio do *software* Spring versão 5.0.6. O banco de dados foi composto por informações referentes à geomorfologia, geologia, solos, declividade, rede de drenagem, uso e ocupação da terra, população, economia, educação e saneamento básico. Identificou-se seis zonas: - a de conservação (40,72%), caracterizada pela alta vulnerabilidade e restrição de potencial social; - a zona de consolidação (37,76%), compreendendo as áreas produtoras; - a zona de restrição de uso (10,20%), constituída pelas áreas com inclinação entre 25 a 45°; - a zona de recuperação (2,50%), merece maior atenção quanto às práticas agrícolas; - a zona de área de preservação permanente (7,92%), também merece destaque quanto às áreas conflitantes com atividades agropecuárias; e a zona urbanizada (0,90%).

Palavras-chave: Gestão Ambiental. Planejamento ambiental. Ordenamento territorial.

ABSTRACT

This research has objective to elaborate the Ecological-Economic Zoning of Silveira Martins municipality, RS. Therefore, created a spatial database in a Geographic Information System (GIS) using Spring 5.0.6 software. Was used information about geomorphology, geology, soils, slope, drainage network, soil use and occupation, population, economy and sanitation. Information integrating was performed through map algebra. Were identified six zones: - conservation zone (40.72%), characterized by high vulnerability and social potential restriction; - consolidation zone (37.76%), characterized by productivity areas; - use restriction zone (10.20%), consisting areas with slope between 25 and 45°; - recuperation zone (2.5%), need more attention with agricultural practices; - permanent preservation zone (7.92%), also need attention with the conflicting agricultural areas; - and urban zone (0.90%).

Keywords: Environmental management. Environmental planning. Land use planning.

1 INTRODUÇÃO

Análises do meio ambiente tornaram-se objetos de estudo na área gestão e ordenamento territorial, proporcionando discussões na sociedade, relacionadas, principalmente, as condições ambientais e a qualidade de vida das pessoas. Com o desenvolvimento acelerado do processo produtivo, a exploração dos recursos naturais passou a se desenvolver em grande intensidade. Devido a isso, intensificaram-se preocupações relacionadas ao equilíbrio ambiental, a conservação, a preservação e o manejo adequado dos recursos naturais (ROVANI e VIERA, 2016). Segundo Lima e Martinelli (2008), os estudos que analisam as relações entre a sociedade e a natureza devem levar em consideração, não apenas problemas ambientais, mas também, o grau de fragilidade dos diversos ambientes às interferências antrópicas (LIMA; MARTINELLI, 2008).

A Política Nacional do Meio Ambiente estabelece os zoneamentos como um instrumento para o desenvolvimento socioeconômico aliado a preservação do meio ambiente e ao equilíbrio ecológico. O ZEE, inicialmente foi planejado para a Amazônia Legal e, posteriormente, ampliado para o território nacional. O Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE) é um instrumento de planejamento e ordenamento territorial que busca a sustentabilidade ecológica, econômica e social, dividindo o território em zonas, de acordo com as necessidades de proteção, conservação, recuperação dos recursos naturais e do desenvolvimento sustentável (ROVANI e VIERA, 2016).

Os Zoneamentos aplicados a regiões estratégicas possibilitam uma grande base de dados geográficos, geralmente em um ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG), que auxiliam na tomadas de decisões no planejamento do ordenamento territorial em diversos segmentos sociais e na ação efetiva de gestores públicos. Com base na análise do meio físico-biótico, da dinâmica socioeconômica e da organização jurídico-institucional torna-se possível identificar as potencialidades e fragilidades do meio, as limitações e as oportunidades dos usos potenciais e representar graficamente os cenários.

Para o ordenamento territorial destaca-se o ZEE, desenvolvido e aplicado inicialmente na Amazônia Legal. O zoneamento visava integrar aspectos naturais, por meio da avaliação da vulnerabilidade da paisagem natural, e aspectos sociais e econômicos, considerando a potencialidade social. Estudos que analisem a paisagem sob o enfoque integrado, que priorizem a dinâmica da paisagem e representem cartograficamente os aspectos sociais e naturais, são importantes guias de orientação para gestores municipais.

Nesta perspectiva, devido à diversidade de atividades econômicas, do potencial turístico e da riqueza natural da região central do Rio Grande do Sul, o Zoneamento Ecológico-Econômico de Silveira Martins permitirá definir importantes áreas para o desenvolvimento de atividades socioeconômicas, em bases sustentáveis, tais como a agropecuária, o agroturismo e a agroecologia. Com isso, o estudo objetivou elaborar o Zoneamento Ecológico-Econômico do município de Silveira Martins - RS, para fornecer subsídios ao planejamento e gestão ambiental e econômica, em bases sustentáveis.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O município de Silveira Martins localiza-se na porção central do estado do Rio Grande do Sul, pertencendo a Microrregião Geográfica de Santa Maria, com área total de

118,42 km². A população total é de 2.449 (IBGE, 2010), sendo que destes, 1.091 habitantes residem na área urbana e 1.358 na zona rural. A economia do Município está alicerçada basicamente na agricultura e na pecuária, destacando-se também a presença de agroindústrias, voltadas ao beneficiamento de produtos cultivados na área rural e da presença do turismo. Prevaecem as pequenas propriedades rurais e a utilização da mão-de-obra familiar, características marcantes da ocupação de colonização italiana.

2.2 COLETA E ELABORAÇÃO DO BANCO DE DADOS

Na coleta e elaboração do banco de dados em ambiente de Sistemas de Informações Geográficas foram utilizadas bases cartográficas, de mapas temáticos pré-existent e dados secundários. A base cartográfica do município de Silveira Martins foi elaborada com os dados georreferenciados da Base Cartográfica Vetorial Contínua do Rio Grande do Sul, na escala 1/50000, organizados por Hasenack e Weber (2010). Base cartográfica – duas cartas topográficas na escala 1:50000, disponibilizadas pela 1ª Divisão de Levantamento (1ª DL), que compreendem o território municipal: Camobi MI – 2965/2 e Faxinal do Soturno MI – 2966/1. Para os setores censitários foi utilizada a malha digital dos setores em formato *shapefile*, no Datum Sirgas 2000, junto ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Foi utilizada uma imagem orbital sem correção geométrica do satélite *Landsat 8* (bandas 4, 5, 6 e 8), sensor *OLI/TIRS*, órbita 223/80, data da passagem 12 de junho de 2014. As bandas 4, 5 e 6 com resolução espacial de 30 m e a banda 8 com resolução de 15 m. Realizou-se a fusão das bandas 4, 5 e 6 com a banda 8, resultando uma imagem com resolução espacial de 15 m. As mesmas foram obtidas no seguinte endereço: *Science for a changing world* (USGS – <http://earthexplorer.usgs.gov>).

Os mapas temáticos pré-existent, geomorfológico e geológico foram obtidos junto ao IBGE, na escala 1:250000. O mapa temático de solos foi obtido do livro “Solos do Rio Grande do Sul – Streck et al. (2008)”.

Utilizaram-se os dados do censo demográfico de 1991, 2000 e 2010 e do censo agropecuário de 1996 e 2006, referentes ao município de Silveira Martins (dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE e da Fundação de Economia e Estatística do Rio Grande do Sul - FEE).

Para o processamento das informações foram utilizados os seguintes Softwares: *SPRING 5.0.6*, para a elaboração do banco de dados e edição; *CorelDRAW X6*, para a edição final dos mapas temáticos; *Microsoft Office Excel 2007*, para compilação de dados em gráficos e tabelas; um GPS (Global Positioning System) *Garmim*, para coleta dos dados a campo e uma câmera fotográfica, para registro dos dados verificados a campo.

2.3 DADOS COLETADOS

Para a elaboração do Zoneamento Ecológico-Econômico do município de Silveira Martins, foram coletados dados do IBGE, da FEE-RS e informações extraídas de imagem de satélite e cartas topográficas. Abaixo segue a descrição das informações obtidas:

- Potencial Produtivo: densidade rodoviária (km), rendimento por domicílio (R\$), rendimento do chefe de família (R\$), rentabilidade agropecuária (R\$) e uso e ocupação da terra (classes em hectare – floresta nativa, culturas, campo, área urbanizada, solo exposto e açudes);
- Potencial Institucional: autonomia política/administrativa (receitas e despesas, em R\$, do município em 2010) e participação político/eleitoral (número de votantes na última eleição, 2012);

- Potencial Natural: cobertura florestal (ha) e aptidão agrícola dos solos (por classe de solo);
- Potencial Humano: Serviços da saúde (números de leitos), abastecimento de água (rede geral, poço ou nascente, água da chuva em cisternas ou outras fontes), saneamento domiciliar (ligados a rede geral, com fossa séptica, com esgoto em fossa rudimentar, com instalação sanitária lançando em vala negra, com lançamento em rio, lago ou mar, com lançamento em escoadouro ou sem esgoto), coleta de lixo (por serviço de limpeza, coletado em caçamba, queimado, jogado em terreno baldio, jogado em rio, lago ou mar ou jogado em outro lugar), alfabetização (pessoas alfabetizadas com cinco ou mais anos de idade) e energia elétrica (estabelecimento domiciliar com ou sem energia elétrica);
- Vulnerabilidade natural à perda de solo: geologia, geomorfologia, declividade do terreno e vulnerabilidade por classe de solos (área ocupada por cada classe, em ha).

2.4 MAPAS TEMÁTICOS

Os mapas temáticos preexistentes de Solos, Geologia e Geomorfologia foram digitalizados manualmente no Spring. Para o mapa de geomorfologia, as classes foram editadas e classificadas de acordo com as características do relevo verificadas com auxílio da imagem de satélite e *in loco*. O uso e ocupação da terra foi obtido com base na interpretação da imagem de satélite e com validação dos dados a campo. A declividade do terreno, a hipsometria e a rede de drenagem foram obtidas apenas com base nas cartas topográficas. A distribuição política/viária, as áreas de preservação permanente e de conflitos de uso da terra foram obtidas com auxílio das cartas topográficas e da imagem de satélite. A abrangência dos setores censitários de Silveira Martins foi obtida da malha digital dos setores censitários de 2010 do IBGE.

A vulnerabilidade natural à perda de solo foi obtida pelo cruzamento das informações de solo, geologia, geomorfologia e declividade. O mapa temático do ZEE é resultado do cruzamento das informações de vulnerabilidade natural à perda do solo, áreas de preservação permanente, áreas de uso restrito (declividade entre 25 a 45°), área de abrangência do núcleo da Reserva da Biosfera em Silveira Martins, uso e ocupação da terra e potenciais sociais.

2.5 VULNERABILIDADE NATURAL À PERDA DE SOLO

Com base na integração das classes de solos, geomorfologia, geologia e declividade foi elaborada a vulnerabilidade natural à perda de solo para Silveira Martins. Classificou-se o grau de estabilidade ou vulnerabilidade (resistência ao processo natural à erosão), segundo as relações de morfogênese e pedogênese (análise integrada das rochas, do solo e do relevo). Quando predomina a morfogênese, prevalecem os processos erosivos modificadores da forma do relevo, e, quando predomina a pedogênese, prevalecem os processos formadores do solo. Na tabela 1, pode-se verificar os valores atribuídos as diferentes classes de vulnerabilidade.

Tabela 1 – Classes de vulnerabilidade de acordo com a relação pedogênese/morfogênese.

Unidade	Relação pedogênese/morfogênese	Valor
Estável	Prevalece a pedogênese	1,0

Intermediária	Equilíbrio entre a pedogênese e a morfogênese	2,0
Instável	Prevalece a morfogênese	3,0

Fonte: Crepani et al. (1996), modificada de Tricart (1977).

Em ambiente SIG, as classes de cada mapa temático foram substituídas pelos valores de vulnerabilidade. Em seguida, por meio de operações de álgebra de mapas utilizando a linguagem de programação do software SPRING, os atributos de cada mapa foram integrados.

2.6 POTENCIAL SOCIAL

A análise do potencial social e sua representação cartográfica tiveram como base a metodologia indicada por Becker e Egler (1996). Seguindo a proposta de Becker e Egler (1996), a potencialidade de cada setor censitário foi estabelecida de acordo com a relação entre os fatores dinâmicos e os fatores restritivos, em termos econômicos, sociais e políticos, a partir de quatro grupos de parâmetros considerados como componentes básicos para o desenvolvimento sustentável: potencial natural, humano, produtivo e institucional. De acordo com a análise integrada destes quatro grupos, o potencial social de cada setor foi expresso em valores de potencial (alto, médio e baixo) (Tabela 2).

Tabela 2 - Valores do potencial social de acordo com o dinamismo/restrrição dos setores censitários.

Potencial	Condições para o desenvolvimento humano	Valor
Alto	Prevalecem os fatores dinâmicos	3,0
Médio	Equivalência entre os valores dinâmicos e restritivos	2,0
Baixo	Prevalecem os fatores restritivos	1,0

Fonte – Becker e Egler (1996).

2.7 ZONEAMENTO ECOLÓGICO-ECONÔMICO

A elaboração do Zoneamento Ecológico-Econômico, síntese de todas as informações, consistiu na integração da vulnerabilidade natural à perda de solo, áreas de preservação permanente, áreas de uso restrito (declividade entre 25 a 45°), área de abrangência do núcleo da Reserva da Biosfera em Silveira Martins, uso e ocupação da terra e potenciais sociais por meio da álgebra de mapas. Este produto servirá como subsídio para gestão ambiental na região, integrando os aspectos naturais e humanos presentes na paisagem.

A síntese do agrupamento resultou em unidades (zonas) relativamente homogêneas, mas não estáticas, isto é, unidades que poderão expandir ou não sua área de acordo com iniciativas de implementação de ações ambientais. A definição destas unidades resultou em zonas: unidades de consolidação, recuperação, conservação, uso restrito e preservação permanente.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

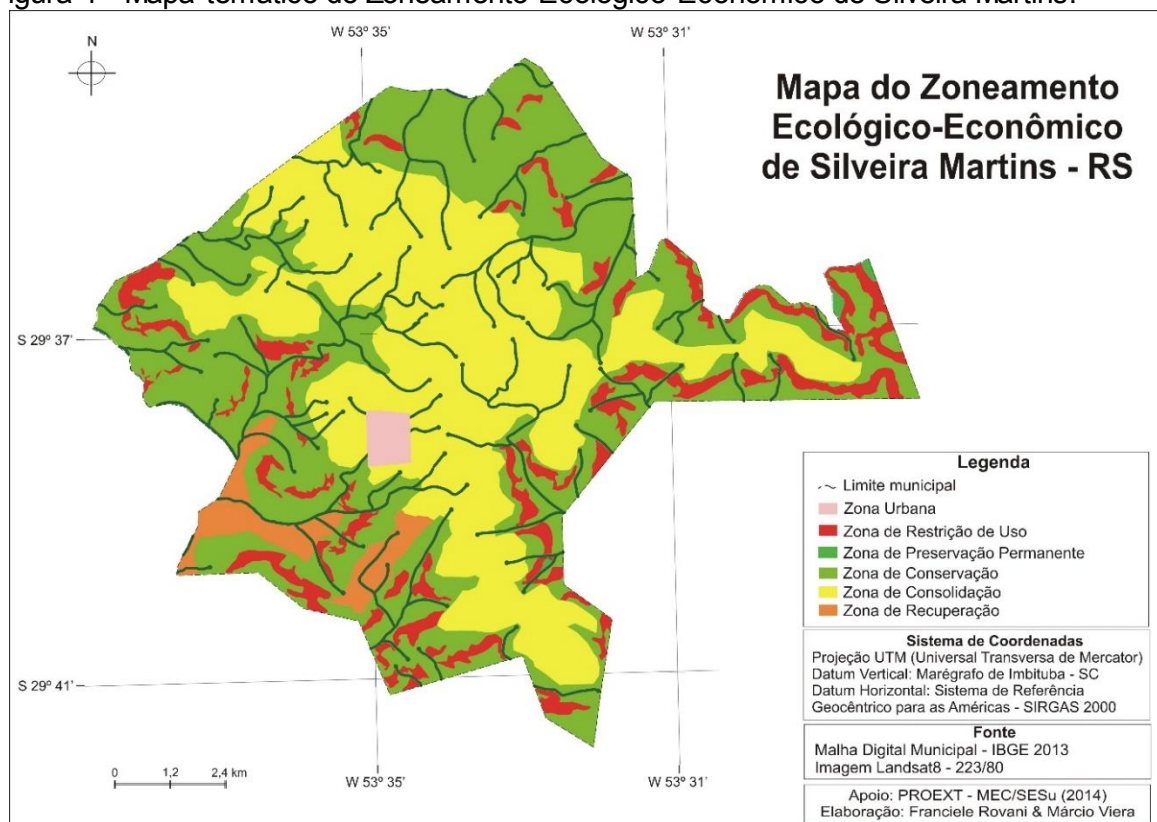
A cartografia de síntese, resultado da integração das informações ambientais e sociais, ou seja, do mapa de vulnerabilidade natural à perda de solo (VIERA e ROVANI, 2016a) e das informações do potencial social (ROVANI e VIERA, 2016b), visou apresentar o mapa do zoneamento ecológico-econômico (ZEE) de acordo com a figura 1. O ZEE apresenta zonas que possibilitam a sensibilização aos problemas ambientais e sociais, destinados não somente à conscientização do estado da dinâmica ambiental, mas também para subsidiar as ações e decisões no planejamento territorial.

Esta representação possibilitou definir zonas com maior ou menor potencial produtivo e/ou de conservação. As zonas definidas no ZEE são:

- **Zona Urbana:** A área urbanizada mapeada compreende o perímetro urbano definido pelos setores censitários, representando 0,90% de sua área total (106,18ha).

- **Zona de Restrição de Uso:** São áreas com inclinação entre 25° e 45° (10,2% do município). Conforme o Art. 11, da Lei 12.651 de 25 de maio de 2012 (Brasil, 2012), em áreas de “inclinação entre 25° e 45°, serão permitidos o manejo florestal sustentável e o exercício de atividades agrossilvipastoris, bem como a manutenção da infraestrutura física associada ao desenvolvimento das atividades, observadas boas práticas agrônômicas, sendo vedada a conversão de novas áreas, excetuadas as hipóteses de utilidade pública e interesse social”.

Figura 1 - Mapa temático do Zoneamento Ecológico-Econômico de Silveira Martins.



- **Zona de Preservação Permanente (APPs):** Áreas definidas pelo “novo código florestal”. Conforme o código, a área de preservação permanente é definida como: “área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o

fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas”. O município de Silveira Martins possui 935,04ha de área de preservação permanente, localizadas em margens de cursos d'água, nascentes e em áreas com declividades superiores a 45°.

- **Zona de Conservação:** Corresponde a 40,72% do território municipal (4.821,88 ha). São zonas com elevado grau de vulnerabilidade natural e que apresentam restrições no potencial social. Estas unidades possibilitam o uso racional e sustentável dos recursos naturais, visando manter uma harmonia entre o homem e o meio. As boas práticas sociais associadas às políticas ambientais no processo de tomada de decisões econômicas possibilitam a valorização e proteção do meio natural. Além do mais, grande parte desta zona de conservação definida no município de Silveira Martins corresponde à parte da zona núcleo da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica na região da Quarta Colônia Italiana (<http://www.rbma.org.br>).

- **Zona de Recuperação:** As unidades críticas de recuperação representaram 2,5% da área municipal (296,63ha) e estão localizadas especialmente na área de influência da reserva da biosfera. Suas principais características são o alto potencial social com atividades agroindustriais e turismo ecológico, mas apresentando significativa vulnerabilidade natural.

O alto potencial favorece o desenvolvimento social e a dinâmica que, no entanto, são restringidos pela presença da vulnerabilidade natural do ambiente. Deste modo, a recuperação destas unidades deve estar baseada na recuperação das condições de solo e ambiente, visando à obtenção de uma estabilidade do meio e na melhoria da qualidade do ambiente e da vida das pessoas. Para que ocorra a recuperação dessas zonas, deve-se optar por modelos produtivos com o mínimo de interferência no solo e na vegetação. Pode-se adotar a utilização de sistemas agroflorestais, que são caracterizados pela combinação da produção agrícola e florestal simultânea ou consecutiva, de forma deliberada, na mesma unidade de terreno, almejando um aumento de produtividade do solo através de um rendimento sustentado, por meio da aplicação de técnicas de manejo compatíveis com as práticas culturais da população local.

- **Zona de Consolidação:** As unidades produtivas foram classificadas em zonas de consolidação ou de fortalecimento do desenvolvimento humano (baixa vulnerabilidade e maior potencialidade). Com relação às unidades produtivas de consolidação, as mesmas representam 37,76% da área municipal (4.471,94 ha), pode-se afirmar que suas características indicam o fortalecimento do desenvolvimento humano, sobretudo pela baixa vulnerabilidade natural e maior potencialidade social. Isto indica que estas unidades são potenciais para o desenvolvimento produtivo, diante do potencial social apresentado e das áreas de estabilidade natural. A zona de consolidação de Silveira Martins corresponde às áreas com cultivos agrícolas, já estabelecidos, e com áreas destinadas à pecuária. Essas áreas são formadas por estruturas geológicas e geomorfológicas mais estáveis e, também, por apresentarem baixa declividade (menor que 25°).

4 CONCLUSÕES

O mapeamento cartográfico detalhado do meio natural, principalmente aquele relacionado ao ordenamento territorial dos municípios, permite a proposição de ações de planejamento e gestão ambiental. Estas ações podem ser implantadas pelos setores públicos e privados de acordo com a realidade de cada paisagem.

Com as análises realizadas, foi possível formar um banco de dados detalhado em ambiente de Sistema de Informações Geográficas, integrando aspectos sociais, ambientais e jurídico-institucionais. A integração destes dados possibilitou a elaboração do zoneamento ecológico-econômico do município de Silveira Martins. Esta representação, síntese da relação existente entre os aspectos ambientais e sociais, apresenta as unidades de paisagem de acordo com sua potencialidade ou vulnerabilidade, constituindo-se em unidades críticas de conservação, de restrição de uso, de preservação permanente ou de recuperação e em unidades produtivas de consolidação. Para cada zona definida, as atividades desenvolvidas deverão levar em consideração a legislação ambiental, as restrições impostas pela presença de zona núcleo da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica e as melhores práticas para o desenvolvimento sustentável.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BECKER, B. K.; EGLER, C. A. G. **Detalhamento da Metodologia para Execução do Zoneamento Ecológico Econômico pelos Estados da Amazônia Legal**. Brasília: SAE/MMA, 1996.

BRASIL. **Presidência da República. Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012. Institui o Código Florestal Brasileiro**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm> Acesso em: 07 jun. 2014.

CAMPAGNANI, S.; SANTOS, U. P. dos. **Programa de Zoneamento Ecológico-Econômico do estado do Rio de Janeiro**. Projeto II: Zoneamento Ecológico-Econômico do Médio Vale do Paraíba. Rio de Janeiro, 1998.

CREPANI, E. et al. **Curso de Sensoriamento Remoto Aplicado ao Zoneamento Ecológico-Econômico**. São José dos Campos: INPE, 1996. 18 p.

IBGE. **Censo demográfico**. Banco de Dados Agregados. Rio de Janeiro: IBGE, 2014. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/protabl.asp?c=202&z=t&o=3&i=P>>. Acesso em: 17 jul. 2014.

_____. **Geologia**. Santa Maria SH.22-V-C. Rio de Janeiro: IBGE, 2003. 1 mapa. Escala: 1/250000. Disponível em: <ftp://geoftp.ibge.gov.br/mapas_tematicos/geologia/cartas_escala_250mil/sh22vc_geol.pdf>. Acesso em: 09 jul. 2014.

_____. **Geomorfologia**. Santa Maria SH.22-V-C. Rio de Janeiro: IBGE, 2003b. 1 mapa. Escala: 1/250000. Disponível em: <

ftp://geoftp.ibge.gov.br/mapas_tematicos/geomorfologia/cartas_escala_250mil/sh22vc_geom.pdfsg22yd_zc_geom.pdf>. Acesso em: 09 jul. 2014.

_____. **Produto Interno Bruto dos Municípios em 2011**. Rio de Janeiro: IBGE, 2014.

Disponível em: <

<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/temas.php?lang=&codmun=432065&idtema=16&search=rio-grande-do-sul|silveira-martins|sinthese-das-informacoes>>. Acesso em: 25 jun. 2014.

LIMA, F. R.; MARTINELLI, M. As unidades ecodinâmicas na Cartografia Ambiental de Síntese. In: SIMPÓSIO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2008, Rio Claro. **Anais...** Rio Claro: UNESP, 2008. Disponível em: <<http://www.rc.unesp.br/igce/simpgeo/440-448fredy.pdf>>. Acesso em: 12 abr. 2011.

ROVANI, F.F.M.; VIERA, M. Vulnerabilidade natural do solo de Silveira Martins-RS. **Floresta e Ambiente**, v.23, n.2, p. 151-160, 2016a.

ROVANI, F.F.M., VIERA, M. Potencial social do município de Silveira Martins, RS: contribuição ao Zoneamento Ecológico-Econômico. **Caminhos de Geografia**, v.17, n.58, p. 154-167, 2016b.

STRECK, E. V. et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: EMATER/RS-ASCAR, 2008, 222p.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE, 1977. 91 p.