



## AS POSSIBILIDADES E DESAFIOS DA TOKENIZAÇÃO DE CRÉDITOS DE CARBONO

### THE POSSIBILITIES AND CHALLENGES OF THE TOKENIZATION OF CARBON CREDITS

João Pedro Seefeldt Pessoa<sup>1</sup>  
Thiago Bortolini Teixeira<sup>2</sup>  
Marina Dal Pizzol Siqueira<sup>3</sup>

#### RESUMO

A preocupação com o aquecimento global e com o meio ambiente vem tomando força paulatinamente nas últimas décadas. Com o advento do Protocolo de Quioto, criou-se um novo mercado para os chamados créditos de carbono, ferramentas que visam incentivar o controle da emissão de gases do efeito estufa e sua redução, através da cooperação entre países e entre empresas poluentes e mecanismos de desenvolvimento limpo. Ocorre que a operacionalização do comércio entre os produtores de créditos de carbono e as empresas poluentes apresentam desafios em razão da internacionalidade das transações e todas as dificuldades a elas inerentes. Por isso, a presente pesquisa se propõe a investigar a possibilidade e os desafios da tokenização dos créditos de carbono, analisando sua viabilidade como alternativa para a operacionalização dessas transações. Os resultados atingidos foram de que há viabilidade técnica para tokenização dos créditos de carbono, bem como possibilidade jurídica, de modo que a conclusão alcançada foi de que a tokenização é uma alternativa útil para operacionalizar transações de créditos de carbono, pois facilitam as relações transnacionais, bem como lhes confere maior segurança. O método de abordagem utilizado foi o dedutivo, o método de procedimento aplicado foi o comparativo, e as técnicas de pesquisa empregadas foram a bibliográfica e documental.

Palavras-chave: blockchain; créditos de carbono; tokenização de ativos.

#### ABSTRACT

The concern regarding global warming and the environment is consistently growing in the last decades. With the commencement of the Quioto Protocol, a new market was created around the carbon credits, mechanisms to encourage the controlling of the emission of greenhouse gases and its reduction, through the cooperation between countries and between polluting companies and carbon offset projects. The problem is that the operationalization of transactions between carbon credits issuers and polluting companies presents many challenges due to the internationality of the transactions and all its difficulties. Therefore, this study intends to investigate the possibility and the challenges

<sup>1</sup> PESSOA, João Pedro Seefeldt. Professor Assistente Substituto no Departamento de Direito da Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, RS, Doutorando em Direito pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), jpseefeldt@gmail.com.

<sup>2</sup> TEIXEIRA, Thiago Bortolini. Graduando em Direito pela Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, thiagobortoliniteixeira@gmail.com.

<sup>3</sup> SIQUEIRA, Marina Dal Pizzol. Graduanda em Direito pela Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, RS, marinadpsiqueira@gmail.com.



of carbon credits tokenization, analyzing its viability as an alternative to operationalizing those transactions. The results attained are it is technically possible to tokenize carbon credits, as well as legally possible, ergo the conclusion achieved is that the tokenization is a useful alternative for operationalizing carbon credits transactions, because it facilitates international dealings and increases its security. The methodology of approach used is the deductive method; while the method of procedure applied is the comparative one, and the research techniques used are bibliographic and documentary.

Keywords: blockchain, carbon credits, asset tokenization.

## INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, observa-se uma constante elevação da preocupação com problemas relacionados ao aquecimento global, ao clima e ao meio ambiente de modo geral. Esse interesse tem levado as nações, especialmente a partir da década de 70, a entabularem discussões para buscar soluções permanentes e evitar o agravamento dessas condições, bem como para transformar a sociedade, valorizando o meio ambiente e as condições de vida no planeta.

Dentre esses problemas, uma questão levantada foi o aquecimento global oriundo do vultoso volume de emissão de gases que causam o chamado efeito estufa, apontado como um dos principais fatores das nefastas alterações climáticas que há anos vêm sido apontadas. Considerando que os maiores emissores desses gases são oriundos de atividades industriais, energéticas e agrícolas, e que o grande interesse financeiro nesses setores dificulta a imposição de medidas drásticas e coercitivas de modificação, procurou-se novas formas de incentivar a redução da poluição de uma forma que permitisse a adequação desses setores e a manutenção do atual estilo de vida global que depende dessa estrutura.

Pensando nisso, um mecanismo criado foram os chamados créditos de carbono, os quais permitem a compra de uma quota de gases do efeito estufa por agentes poluentes, colocando um preço na emissão de carbono a fim de desincentivá-la. Apesar de ter obtido sucesso moderado, esse mecanismo e o mercado que dele se originou contam com algumas dificuldades, especialmente considerando que sua comercialização envolve transações entre partes de diferentes países.

Nesse contexto, e pensando nas inúmeras inovações tecnológicas que têm acompanhado a alvorada deste novo século, pretende-se investigar as possibilidades e desafios da tokenização desses créditos de carbono, transformando esses ativos em ativos



digitais e possibilitando sua comercialização nos mecanismos existentes aplicáveis a essa nova forma de ativo.

Para elucidar essa questão, partir-se-á de uma contextualização histórica e legislativa acerca dos créditos de carbono, passando por um estudo de sua natureza jurídica, para então adentrar nas possibilidades de tokenização de ativos e sua compatibilidade com aqueles. Para bem compreender esse processo, explorou-se conceitos e tecnologias inerentes a esse, especificamente, a *blockchain*, os *tokens*, as NFTs e as formas de acesso e operacionalização dessa tecnologia.

Com esse objetivo, utiliza-se uma metodologia científica que reflete o adequado enfrentamento da questão. Como método de abordagem, seleciona-se o dedutivo, visto que a análise se inicia por questões já enfrentadas pela literatura jurídica objetivando, ao fim, verificar a compatibilidade da reunião desses mecanismos. Como método de procedimento, aplicou-se o comparativo, partindo da comparação de institutos já conhecidos para encontrar uma alternativa que responda ao problema de pesquisa proposto. Por fim, as técnicas de pesquisa empregadas foram a bibliográfica e documental, visando o estudo doutrinário e de diplomas legais.

## 1 O QUE É E COMO FUNCIONA A COMERCIALIZAÇÃO DE CRÉDITOS DE CARBONO

Os problemas ambientais se apresentam como ponto de convergência de interesses transnacionais, considerando os impactos globais que são seu resultado. A figura dos créditos de carbono surgiu da preocupação com o meio ambiente e com a emissão de gases do efeito estufa.<sup>4</sup> Seus efeitos são bem conhecidos hodiernamente, sendo o principal deles o aquecimento global, que pode afetar a produtividade agrícola, a disponibilidade de água, a fauna e a flora, a extinção de espécies e a diminuição da calota polar.<sup>5</sup>

Desde o período da Revolução Industrial até hoje, houve um crescimento de 30% na concentração de gás carbônico na atmosfera, bem como houve um aumento na temperatura do planeta na média de 0,3 a 0,6°C.<sup>6</sup> De acordo com dados da World

<sup>4</sup> HOPPE et al., *ibidem*, p. 13.

<sup>5</sup> HOPPE et al., *ibidem*, p. 15.

<sup>6</sup> ANDRADE, José Célio Silveira; COSTA, Paulo. Mudança Climática, Protocolo de Quioto e Mercado de Créditos de Carbono: Desafios à Governança Ambiental Global. **Organizações & Sociedade**. Salvador, v. 15, n. 45, p. 29-45, abr./jun. 2008. Disponível em:



Resources Institute, coletados da plataforma Climate Watch, as principais fontes de emissão de gases de efeito estufa (“GEE”) são: o setor energético (73%), para fins de transporte, geração de eletricidade e calor, edifícios, fabricação e construção e outras queimas de combustível; a agropecuária (12%); uso da terra e silvicultura (6,5%); processos industriais (5,6%); e resíduos (3,2%).<sup>7</sup>

Dito isso, uma das primeiras discussões organizadas em grande escala foi a Conferência Mundial sobre o Ambiente Humano, sediada em Estocolmo em 1972, onde houve reconhecimento global dos riscos oriundos da degradação do meio ambiente e da necessidade da atuação integrada dos governos e dos setores produtivos no seu enfrentamento.<sup>8</sup>

Em sequência, em 1988, o Programa Ambiental das Nações Unidas criou o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas visando a pesquisa dos riscos das mudanças climáticas induzidas pelo homem e possíveis medidas de mitigação. O primeiro relatório apontou que as mudanças climáticas representavam grave ameaça à humanidade, incitando os países e atores internacionais à ação.<sup>9</sup>

Como consequência, em 1992, inúmeros países ratificaram a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas, que visa a estabilização da concentração atmosférica dos GEE em níveis que evitem o colapso do sistema climático.<sup>10</sup> Entretanto, foi apenas em 1997 que os países partícipes definiram metas concretas a serem executadas para redução dos GEE, no documento nomeado Protocolo de Quioto.<sup>11</sup>

<https://www.scielo.br/j/osoc/a/gD3Zk99h3txdzXZrRmZdcgL/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 03 out. 2022.

<sup>7</sup> FRIEDRICH, Johannes. 4 gráficos para entender as emissões de gases de efeito estufa por país e por setor. WRI Brasil, 2020. Disponível em: <https://wribrasil.org.br/pt/blog/2020/02/quatro-graficos-explicam-emissoes-de-gases-de-efeito-estufa-por-pais-e-por-setor>. Acesso em: 03 out. 2022.

<sup>8</sup> BORJA, Alcione Gonçalves Borjges, RIBEIRO, Francis Lee. Crédito de carbono: da estruturação do protocolo de Kyoto à implementação das atividades de projeto MDL. *Revista de Economia da UEG*, Anápolis, v. 3, n. 1, 2007, p. 02.

<sup>9</sup> HOPPE, Letícia. et al. Desenvolvimento sustentável e o Protocolo de Quioto: uma abordagem histórica do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo. *Ensaio FEE*, Porto Alegre, v. 32, n. 1, p. 107-136, jun. 2011, p. 112.

<sup>10</sup> VIDIGAL, Flávio Augusto Marinho. *O protocolo de Quioto, o mecanismo de desenvolvimento limpo e as formas de circulação dos créditos de carbono*. 2011. Disponível em: <http://www.domtotal.com/direito/uploads/11.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2022, p. 01.

<sup>11</sup> SOUZA, André Ricardo Passos de. A Tributação das Operações com Créditos de Carbono. *Revista de Direito Tributário da APET*. São Paulo, ano V, v. 20, p. 41-84, dez. 2008. Disponível em: <https://psaa.com.br/publicaes/revista-de-direito-tributario-da-apet-ano-v-v-20-p-41-84-3/>. Acesso em: 03 out. 2022.



Um marco institucional de concretização desses esforços em medidas tangíveis é o Protocolo de Quioto, assinado por países industrializados e países em transição em 1997, comprometendo-se ao cumprimento de metas de redução de emissão de GEE de modo a iniciar a adaptação econômica necessária à redução paulatina desses poluentes.<sup>12</sup> No Brasil, entrou em vigor em 2005, e o primeiro período de compromisso definido foi o intervalo de 2008 a 2012, dentro do qual foram impostos limites de emissão visando a redução de 5,2% dos níveis de emissões de 1990, mas cujos valores individuais variam de país para país conforme suas especificidades<sup>13</sup>.

Os principais pontos do Protocolo são: seu planejamento a curto prazo, em períodos de compromisso a serem renovados ou revisados conforme seu desenrolar; provisão para comércio de emissões, que são mecanismos de flexibilização e auxílio aos países no cumprimento de suas metas, dentre os quais destaca-se o comércio de emissões; a estabilização atmosférica como objetivo central; e a distribuição dos ônus conforme a capacidade de pagamento (renda) de cada país.<sup>14</sup>

Para dar cumprimento ao acordo, os países signatários dividiram permissões e cotas de emissões entre os diversos segmentos emissores. Assim surgiu, pela primeira vez, a demanda por créditos de carbono, pois empresas ou países que não consigam se adaptar às metas têm a opção de comprar créditos de outras entidades ou nações que os possuam.<sup>15</sup>

O Protocolo de Quioto previu três mecanismos através dos quais países ou entidades poderiam obter os Créditos de Carbono - chamados “Redução Certificada de Emissões - RCEs”: a “Implementação Conjunta de Projetos” e o “Comércio de Emissões”, dos quais apenas países desenvolvidos podem participar; e o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo

<sup>12</sup> BORJA, Alcione Gonçalves Borjges, RIBEIRO, Francis Lee. Crédito de carbono: da estruturação do protocolo de Kyoto à implementação das atividades de projeto MDL. *Revista de Economia da UEG*, Anápolis, v. 3, n. 1, 2007, p. 70-71.

<sup>13</sup> BRASIL. Decreto nº 5.445, de 12 de maio de 2005. Promulga o Protocolo de Quioto à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, aberto a assinaturas na cidade de Quioto, Japão, em 11 de dezembro de 1997, por ocasião da Terceira Conferência das Partes da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2004-2006/2005/decreto/d5445.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/decreto/d5445.htm). Acesso em: 03 out. 2022.

<sup>14</sup> JACOBY, Henry. D.; SCHMALENSSEE, Richard.; WING, Ian Sue. Toward a useful architecture for climate change negotiations. *MIT Joint Program on Science and Policy of Global Change*, n. 49, 1999, Disponível em: <https://dspace.mit.edu/handle/1721.1/3598>. Acesso em: 23 abr. 2022.

<sup>15</sup> BORJA, Alcione Gonçalves Borjges, RIBEIRO, Francis Lee. Crédito de carbono: da estruturação do protocolo de Kyoto à implementação das atividades de projeto MDL. *Revista de Economia da UEG*, Anápolis, v. 3, n. 1, 2007, p. 71.





(“MDL”), mecanismo em que se dará enfoque em razão de ser o único passível de participação brasileira<sup>16</sup>.

Dentre os GEEs discutidos pelo Protocolo, foram eleitos para controle a emissão de 6 (seis), nos termos do Anexo A, a saber: dióxido de Carbono - CO<sub>2</sub>, metano - CH<sub>4</sub>, óxido nitroso - N<sub>2</sub>O, hidrofluorcarbonos - HFCs, perfluorcarbonos - PFCs e exafluoreto de enxofre - SF<sub>6</sub>. Considerando que a variação na composição desses gases implica em uma variação em seu potencial poluidor, os valores dos créditos de carbono são proporcionais às suas respectivas nocividades, calculadas através da conversão do potencial de aquecimento em 1 (uma) tonelada métrica de dióxido de carbono.<sup>17</sup>

Importante destacar que o Protocolo separou países desenvolvidos altamente industrializados em um rol no seu Anexo I, enquanto delegou aos demais países não incluídos no Anexo I, países em desenvolvimento, a prerrogativa de realizar projetos de MDL devidamente validados para venda de créditos aos países do Anexo I.<sup>18</sup>

Este Mecanismo está previsto no art. 12 do Protocolo de Quioto, e define que cada tonelada de CO<sub>2</sub> não emitida ou retirada da atmosfera (emissões que ocorreriam na ausência do projeto) por um país em desenvolvimento poderá ser negociada - desde que devidamente certificada por autoridades reconhecidas, gerando as RCEs incentivando a cooperação e a redução das emissões globais.<sup>19</sup> Em contraste, países industrializados com alta redução e maior dificuldade no cumprimento das metas podem adquirir estes créditos para reduzir suas obrigações, investindo nos projetos.<sup>20</sup>

Os RCEs são emitidos conforme as metas estabelecidas por agências de proteção ambiental reguladoras para as indústrias mais poluentes do país, autorizando emissões de toneladas de GEEs. As empresas que não conseguem cumprir as metas de redução têm de comprar certificados daquelas que os atingem, as quais podem, inclusive, receber bônus

<sup>16</sup> BRASIL, *ibidem*.

<sup>17</sup> BRASIL. Decreto nº 5.445, de 12 de maio de 2005. Promulga o Protocolo de Quioto à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, aberto a assinaturas na cidade de Quioto, Japão, em 11 de dezembro de 1997, por ocasião da Terceira Conferência das Partes da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2004-2006/2005/decreto/d5445.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/decreto/d5445.htm). Acesso em: 03 out. 2022.

<sup>18</sup> BRASIL, *ibidem*.

<sup>19</sup> BRASIL, *ibidem*.

<sup>20</sup> VIDIGAL, Flávio Augusto Marinho. O protocolo de Quioto, o mecanismo de desenvolvimento limpo e as formas de circulação dos créditos de carbono. 2011. Disponível em: <http://www.domtotal.com/direito/uploads/11.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2022.



negociáveis, sendo que os RCEs podem ser comercializados de diversas formas, inclusive em Bolsas de Valores e Mercadorias.<sup>21</sup>

Em síntese, os projetos devem utilizar metodologias aprovadas e ser validados por Entidades Operacionais Designadas, organismos de certificação independentes credenciados pelo Conselho Executivo do MDL para fiscalizar a efetiva redução de emissão de GEEs. Por sua vez, o Conselho Executivo é um corpo governamental independente que supervisiona a implementação e administração do MDL, sendo um órgão internacional da Convenção-Quadro das Nações Unidas da ONU, composto por dez países signatários do Protocolo. É ele quem emite os RCEs.<sup>22</sup>

Para solicitar o registro de um MDL junto ao Conselho Executivo, é necessário obter uma carta de aprovação da Autoridade Nacional Designada (“AND”) do país em que se desenvolve o projeto, a qual atesta a participação voluntária dos integrantes do projeto e a idoneidade de sua proposta. No Brasil, a AND se chama Coordenação-Geral de Ciências do Clima e Sustentabilidade, da Secretaria de Pesquisa e Formação Científica, a qual produziu um manual para submissão de projetos de MDL e se submete às Resoluções do Comissão Interministerial de Mudança Global do Clima, antiga AND brasileira extinta por força do Decreto nº 9.759/2019.<sup>23</sup>

Emitidos os RCEs, sua comercialização é operacionalizada por Contratos Internacionais de Compra e Venda de Crédito ou ERPA - Emission Reduction Purchase Agreement<sup>24</sup>. As partes são empresas situadas em países distintos, ou mesmo um país. Em se tratando de contrato internacional, em razão da mercadoria ser entregue em país diverso daquele em que se encontra na oferta, são aplicáveis as regras inerentes a estes contratos, com destaque especial ao art. 9º, § 2º do Decreto-Lei nº 4.657 de 1942

<sup>21</sup> VIDIGAL, *ibidem*.

<sup>22</sup> BORJA, Alcione Gonçalves Borjges, RIBEIRO, Francis Lee. Crédito de carbono: da estruturação do protocolo de Kyoto à implementação das atividades de projeto MDL. *Revista de Economia da UEG*, Anápolis, v. 3, n. 1, 2007, p. 11-12.

<sup>23</sup> BORJA, *ibidem*, p. 11-12.

<sup>24</sup> BRASIL. **Decreto nº 5.445, de 12 de maio de 2005**. Promulga o Protocolo de Quioto à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, aberto a assinaturas na cidade de Quioto, Japão, em 11 de dezembro de 1997, por ocasião da Terceira Conferência das Partes da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2004-2006/2005/decreto/d5445.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/decreto/d5445.htm). Acesso em: 03 out. 2022.



(“LINDB”)<sup>25</sup> e ao art. 435 do Código Civil (“CC”)<sup>26</sup> que lhe é consentâneo, que definem que as leis aplicáveis ao contrato internacional são aquelas do país em que reside o proponente.

Esclarecida a origem dos RCEs, importa investigar sua natureza jurídica. Em síntese, como se viu anteriormente, os RCEs representam uma quantidade de redução de emissão de GEEs oriundas de atividades dos MDL, submetidos à fiscalização dos órgãos encarregados dessa função pela ONU. Algumas das possíveis classificações para as RCEs até o momento são: valor mobiliário, derivativo, *commodity* ambiental, mercadoria, serviço e bem intangível.

Pensando, inicialmente, na classificação como *commodity* teria de ser uma mercadoria em estado bruto ou enquanto produto primário, como são comumente negociados em *commodity exchanges*.<sup>27</sup> O problema com esse conceito é que essas mercadorias pressupõem bens corpóreos e fungíveis, e as RCEs não possuem existência material, embora sejam negociáveis, nem mesmo são fungíveis, visto que originadas de um processo único de certificação por um órgão competente.

Também não se confundem as RCEs com títulos de crédito, instituto de direito empresarial que possui características e requisitos próprios, em especial, em referência à definição adotada pelo art. 887 do Código Civil<sup>28</sup>, a cartularidade, literalidade e autonomia.<sup>29</sup> Para que fossem consideradas títulos de créditos atípicos (visto que não reguladas por lei específica), haveriam de cumprir esses requisitos, o que não acontece, em especial considerando que o Conselho Executivo do MDL que providencia a emissão das RCEs não possui vínculo obrigacional com o titular do projeto que lhe deu origem.

Também se pode excluir as RCEs da categoria de derivativos, visto que estes são contratos que derivam de outros negócios jurídicos e aquelas derivam de projetos de MDL, sem guardar lastro financeiro com esses, mas apenas certificando a redução produzida

<sup>25</sup> VIDIGAL, Flávio Augusto Marinho. *O protocolo de Quioto, o mecanismo de desenvolvimento limpo e as formas de circulação dos créditos de carbono*. 2011. Disponível em: <http://www.domtotal.com/direito/uploads/11.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2022.

<sup>26</sup> BRASIL. Lei nº 10.406, de 10 de janeiro de 2002. Institui o Código Civil. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/2002/l10406compilada.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2002/l10406compilada.htm). Acesso em: 04 out. 2022.

<sup>27</sup> SOUZA, André Ricardo Passos de. A Tributação das Operações com Créditos de Carbono. *Revista de Direito Tributário da APET*. São Paulo, ano V, v. 20, p. 41-84, dez. 2008. Disponível em: <https://psaa.com.br/publicaes/revista-de-direito-tributario-da-apet-ano-v-v-20-p-41-84-3/>. Acesso em: 03 out. 2022, p. 48-49.

<sup>28</sup> BRASIL, *ibidem*.

<sup>29</sup> TOMAZETTE, Marlon. *Curso de Direito Empresarial: títulos de crédito*. V. 2. 12ª ed. São Paulo: Saraiva Educação, 2021, p. 20.





pelo projeto, passível de comercialização.<sup>30</sup> Assim, restariam as classificações como ativo incorpóreo representado pelos certificados ou valor mobiliário quando negociado no mercado mobiliário.

Considerando que a comercialização de ativos no mercado mobiliário já é amplamente regulamentada pelos ordenamentos jurídicos, que impõem procedimentos e formas específicas para comercialização, este estudo se restringirá à primeira hipótese de negociação, realizada diretamente entre particulares. Quanto à tokenização de RCEs negociados no mercado mobiliário, é necessário estudo específico e mais aprofundado das regras desse mercado em específico, com foco diferente do proposto neste estudo.

Pensando, então, na comercialização das RCEs entre particulares, que Souza aduz poder ser realizada tanto de forma primária (diretamente pelo emissor) ou secundária entre particulares, entende o autor que esse certificado confere um direito potestativo de causar níveis de poluição acima do permitido.<sup>31</sup> Assim:

A dita emissão “primária” do CER ou sua negociação privada apesar de representar uma operação complexa, seja sob o ponto de vista da pluralidade de etapas para formação e aprovação dos projetos MDL, seja das relações jurídicas que se entremeiam na formação deste ativo incorpóreo, representa na sua conceituação e conformação jurídica a formação de um verdadeiro direito potestativo do detentor do RCE contra quaisquer terceiros que tenham por obrigação reconhecer-lhes efeitos jurídicos. É dizer que a característica básica do CER é a de conferir ao seu detentor um direito oponível (ou negociável) com terceiros que pretendem deter o direito potestativo de causar níveis de poluição acima dos que lhe são permitidos pela legislação ambiental.

Portanto, na concepção contratualista clássica, em se tratando de coisa suscetível de apreciação econômica e de alienação, mesmo coisas incorpóreas podem ser objeto de negócio jurídico para transferência de sua propriedade. Trata-se, fundamentalmente, de uma compra e venda, com a ressalva de que, se tratando de bem incorpóreo, recebe o nome de cessão de direitos.<sup>32</sup>

Evidentemente, a operacionalização dessas operações é complexa, e envolve, normalmente, a empresa vendedora do RCE (normalmente de país em desenvolvimento), a compradora (normalmente de país desenvolvido) e um agente intermediário, podendo ser

<sup>30</sup> SOUZA, André Ricardo Passos de. A Tributação das Operações com Créditos de Carbono. **Revista de Direito Tributário da APET**. São Paulo, ano V, v. 20, p. 41-84, dez. 2008. Disponível em: <https://psaa.com.br/publicaes/revista-de-direito-tributario-da-apet-ano-v-v-20-p-41-84-3/>. Acesso em: 03 out. 2022, p. 53.

<sup>31</sup> SOUZA, ibidem, p. 53.

<sup>32</sup> VENOSA, Sílvio de Salvo. **Direito civil: contratos**. v. 3. 22 ed. Barueri: Atlas, 2022, p. 260.



uma bolsa de valores, uma empresa especializada etc. No Brasil, esse papel é protagonizado pela BM&F Bovespa, bolsa de valores brasileira que possui um ambiente eletrônico de negociação para operacionalizar a compra e venda de créditos por meio de leilões eletrônicos.<sup>33</sup>

Nota-se, portanto, que a comercialização desses ativos é complexa, e implica em custos operacionais adicionais para empresas emissoras de RCEs. Dessa forma, se possível, a tokenização como meio para instrumentalizar as operações pode apresentar benefícios econômicos às partes, reduzindo custos operacionais e facilitando transações internacionais.

Lançadas as bases necessárias para se compreender o contexto, a formação, a natureza e o modo de comercialização dos créditos de carbono, passa-se agora à segunda parte do presente estudo, investigando o funcionamento e as possibilidades da tokenização de ativos.

## 2 O FUNCIONAMENTO E AS POSSIBILIDADES DA TOKENIZAÇÃO DE CRÉDITOS DE CARBONO

A conceitualização dos *tokens* ainda é uma empreitada difícil, considerando tratar-se de tecnologia relativamente nova, mas que vem ampliando seus usos nos últimos anos. Dentre os inúmeros conceitos que podem ser utilizados, adota-se um mais voltado para a tecnologia e a aplicação prática, considerando a finalidade do presente estudo: a tokenização, que é o processo de representar qualquer informação, inclusive ativos, bens ou produtos do mundo real, tangíveis ou intangíveis, em tokens digitais, sendo esses unidades independentes de elementos de informação protegidos por um código identificador digital exclusivo e aleatório.<sup>34</sup>

A vantagem de se utilizar os *tokens* é o aumento da segurança com diminuição da margem de erro, visto que se exclui o fator humano e se guardam as informações com a

<sup>33</sup> ALVES, Raíza Silva, OLIVEIRA, Louise Antunes de, LOPES, Paloma de Lavor. Crédito de Carbono: O mercado de crédito de carbono no Brasil. **Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia**, [s. l.], p. 1-13, 24 out. 2013, p. 08. Disponível em: <https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos13/2018412.pdf>. Acesso em: 04 out. 2022.

<sup>34</sup> PIZZOLATO, Luca. **Cryptocurrencies and tokenization of assets: the managerial implications of a new financial reality**. Dissertação (Mestrado em Gestão de Empresas) - Universidade Autónoma de Lisboa. Lisboa, p. 62, 2021, p. 11.



tecnologia *blockchain*, prevenindo fraudes. Para explicar melhor as vantagens da tokenização, é necessário entender as vantagens e o funcionamento da própria *blockchain*, portanto.

A *blockchain* - traduzida para cadeia de blocos, em português, embora o uso do estrangeirismo tenha se difundido - é um sistema de registro descentralizado que foi introduzido junto do surgimento de sua principal criptomoeda, o Bitcoin, em 2008. Sobre seu funcionamento, explicam Peiró e Garcia:

A *blockchain* é um mecanismo para sequenciar transações. As transações são agrupadas em blocos que incluem um identificador do bloco anterior e um número aleatório, e esses são vinculados conjuntamente. Os diferentes nós podem fazer propostas de potenciais blocos, mas o bloco válido será aquele que obtiver a solução para um certo problema matemático. Essas tentativas de solução são realizadas pelos nós, levando em consideração o bloco anterior e os dados dos blocos propostos.<sup>35</sup>

Um dos pressupostos da *blockchain* é a criptografia, tecnologia que existe já há milhares de anos para dar segurança às informações. São duas as formas possíveis de se realizar a criptografia, de forma assimétrica e simétrica. A primeira utiliza pares de chaves (pública e privada) e a segunda utiliza apenas uma chave (privada) que deve ser conhecida pelas duas “pontas” (quem acessa e quem fornece a informação).<sup>36</sup>

A forma mais útil de se explorar a *blockchain* é com a criptografia assimétrica, como o faz o Bitcoin, por exemplo, onde o acesso às moedas é controlado pelas chaves da seguinte forma:

No protocolo do bitcoin, o acesso às moedas é controlado por pares de chaves da criptografia assimétrica, em que a chave pública é usada para receber bitcoins e a chave privada para assinar transações para gastá-los. Uma assinatura gerada com a chave privada pode ser validada sem que a chave seja revelada.<sup>37</sup>

Ainda, a fim de realizar a autenticação da informação digital baseada em criptografia, utiliza-se a assinatura digital, que tem como principais propriedades a autenticidade (“qualquer receptor deve conseguir verificar que a assinatura é legítima”);

<sup>35</sup> PEIRÓ, Nicolás Nogueroles; GARCÍA, Eduardo J. Martinez. Blockchain e os sistemas de registro de imóveis. *Revista de Direito Imobiliário*. São Paulo, v. 86, a. 42, jan./jun. 2019, p. 328.

<sup>36</sup> FIGUEIREDO, Daniel Duarte. *Fundamentos em Blockchain*. Instituto de Gestão e Tecnologia da Informação: Belo Horizonte, 2020, p. 11.

<sup>37</sup> FIGUEIREDO, Daniel Duarte. *Fundamentos em Blockchain*. Instituto de Gestão e Tecnologia da Informação: Belo Horizonte, 2020, p. 11.



integridade (“não é possível ‘copiar e colar’ em outro documento, qualquer alteração no documento invalida a assinatura”); e irretratabilidade (“o emissor não pode negar a autenticidade”).<sup>38</sup> Para realizar a assinatura é usada a criptografia pública, onde há o algoritmo da assinatura - definida a informação e sua correspondente chave privada - e o algoritmo de verificação - chave pública correspondente que valida a autenticidade sem revelar chave privada que a gerou.

As redes na *blockchain* são comumente estruturadas utilizando o formato *peer-to-peer* (“P2P”), a exemplo do Bitcoin, a qual já era muito difundida. Nesse tipo de rede, conectam-se computadores - chamados “nós” - que são considerados pares de forma indiscriminada e executam a rede. Embora sejam iguais, podem executar funções diferentes de validação, roteamento, ou funcionar como carteira através de um *software* para gerenciar dados resguardados por chaves privadas.<sup>39</sup>

Com base nessas carteiras, é possível realizar transações informando a chave pública, confirmada pela chave privada e coletada por mineradores (outra função dos nós) para que sejam incluídas em blocos de informações e gravadas permanentemente na *blockchain*<sup>40</sup>. Esses blocos são o que dão o nome à *blockchain* (cadeia de blocos).

É essa estrutura que confere à *blockchain* sua notória segurança e quase imutabilidade, pois cada bloco subsequente referencia o anterior com uma sequência, confirmando suas informações<sup>41</sup>. Assim, uma tentativa de alterar um dado gravado em um bloco precisaria desfazer todos os blocos posteriores, pois geraria uma sequência diferente e, em razão da dificuldade operacional de fazê-lo, convencionou-se dizer que após seis confirmações “a transação é considerada irrevogável, pois o esforço computacional para invalidar e recalcular seis blocos seria absurdo”.<sup>42</sup> Essa segurança é reforçada pelo fato de que não há uma entidade centralizada realizando essas confirmações, que não possuem um momento específico para serem realizadas, mas emergem da interação de milhares de nós.

Um último recurso de segurança é que a escolha de cada nó de cada cadeia é feita de forma independente, selecionando aquele com maior esforço computacional

<sup>38</sup> FIGUEIREDO, ibidem, p. 11.

<sup>39</sup> NASCIMENTO, Leonardo Brendo Gomes; MIRA, José Eugênio de Mira; BISON, Thaís; RODRIGUES, Thiago Nascimento. **Criptomoedas e Blockchain**. Porto Alegre: Grupo A, 2022.

<sup>40</sup> NASCIMENTO; MIRA; BISON; RODRIGUES, ibidem.

<sup>41</sup> MARCHSIN, Karina Bastos Kaehler. **Blockchain e smart contracts: As inovações no âmbito do Direito**. São Paulo: Saraiva, 2022.

<sup>42</sup> FIGUEIREDO, Daniel Duarte. **Fundamentos em Blockchain**. Instituto de Gestão e Tecnologia da Informação: Belo Horizonte, 2020, p. 20.



demonstrado através da prova-de-trabalho (*proof-of-work* ou “PoW”). Essa é um algoritmo que se assemelha a um desafio matemático gigantesco e competitivo, que reinicia toda vez que alguém encontra a solução, e, atualmente, já está em um nível tão avançado que somente aqueles com hardware especializado conseguem participar.<sup>43</sup>

Explicado o funcionamento da *blockchain*, explica-se agora o que seria um *token* de RCE, para depois unir ambos os conceitos e investigar, na prática, a tokenização dos créditos de carbono. Existem muitas classes de *tokens*, classificados de acordo com seu objeto.

Dentre os *tokens* mais difundidos atualmente estão os chamados *currency tokens*, tokens-moeda em tradução livre. São as chamadas moedas virtuais, criptoativos etc, tais como o Bitcoin, Ethereum e outras. Também é possível citar os *security tokens*, que representam o direito de propriedade fracionada de uma empresa ou projeto, de forma parecida com as ações lançadas em IPO por uma sociedade anônima.<sup>44</sup> Por fim, existem os *utility tokens*, que oferecem aos titulares um direito de uso de um produto ou serviço oferecido pelo emissor do *token*. Um exemplo brasileiro desse *token* é o Timãocoin, emitido pelo Clube de Futebol de São Paulo utilizável em seu site.<sup>45</sup>

Considerando a definição dos créditos de carbono lançada acima - ativo incorpóreo que confere o direito potestativo de poluir acima dos níveis permitidos por lei -, e considerando que os RCEs são infungíveis, pois se originaram de um processo único de aprovação por órgão competente, nunca se dissociando do projeto de MDL que os gerou.<sup>46</sup>

Portanto, quando transformados em *tokens*, esses acompanharam a característica de infungibilidade, enquadrando-se no que se convencionou chamar de *non-fungible-tokens* (ou “NFTs”). De forma simples, as NFTs ainda são *tokens*, porém são infungíveis e não podem ser divididos, possibilitando rastreamento único, comprovação da propriedade

<sup>43</sup> FIGUEIREDO, *ibidem*, p. 23.

<sup>44</sup> BEZERRA, Waldemar A. das Chagas; OLIVEIRA, Alexandre Barreto de; SANTOS, Daiane Rodrigues dos. A tecnologia blockchain e economia do token desmaterialização dos investimentos. In: SOARES, Adriano Mesquita. **Oportunidades e desafios da administração contemporânea**. Ponta Grossa: Aya, 2020, p. 81-103, p. 94.

<sup>45</sup> BEZERRA, OLIVEIRA, SANTOS, *ibidem*, p. 94.

<sup>46</sup> SOUZA, André Ricardo Passos de. A Tributação das Operações com Créditos de Carbono. **Revista de Direito Tributário da APET**. São Paulo, ano V, v. 20, p. 41-84, dez. 2008. Disponível em: <https://psaa.com.br/publicaes/revista-de-direito-tributario-da-apet-ano-v-v-20-p-41-84-3/>. Acesso em: 03 out. 2022, p. 50.





do ativo e maior segurança nas transações.<sup>47</sup> Uma possibilidade de transformação de um ativo em uma NFT é através da notória plataforma Ethereum, que poderia registrar um certificado dentro de um sistema de *blockchain* através do processo de registro denominado *mining*, normalmente realizado por empresa terceira.<sup>48</sup>

Observadas as considerações realizadas até esse ponto, pode-se concluir pela possibilidade de *tokenizar* os créditos de carbono, visto que sua natureza de ativo imaterial representativo de direito potestativo é compatível com NFTs de *utility*. Sua principal utilidade seria enquanto ferramenta para operacionalização da cessão dos RCEs, que pode se apresentar como um desafio, considerando que os RCEs fazem parte de um mercado internacional onde podem ocorrer choques entre ordenamentos jurídicos, discussões acerca da moeda a ser utilizada etc.

Portanto, a transformação dos RCEs em NFTs pode ser uma ferramenta útil. Para além de reduzir custos operacionais, como se comentou na primeira seção, o processo garantiria mais segurança acerca da quantidade dos créditos produzidos e sua propriedade, bem como possibilitaria operacionalizar a transferência de propriedade de forma automática - através de um *smart contract* (contrato digital de execução automática) - que transferiria a propriedade após a confirmação do pagamento - o qual também poderia ser realizado em criptomoedas, encontrando um indexador comum para diferentes economias com diferentes moedas.

## CONCLUSÃO

O presente artigo abordou a possibilidade e os desafios da tokenização de créditos de carbono, investigando a formação e a natureza dos RCEs e sua compatibilidade enquanto ativo intangível com a tokenização de ativos. Quanto ao processo de tokenização, estudou-se as características da *blockchain*, sistema em que se baseia a tokenização, bem como suas vantagens e funcionamento, para então investigar a formação e as características dos *tokens*, em especial dos NFTs, visto que ativos intangíveis só poderiam ser representados por *tokens* infungíveis.

<sup>47</sup> MARTINS, Júlio Silvestre. **Perspectivas da Tributação dos Tokens Não Fungíveis (NFTS) no Contexto Brasileiro**. Monografia (Bacharel em Direito) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 68p, 2022, p. 09.

<sup>48</sup> MARTINS, *ibidem*, p. 18.



Inicialmente, viu-se que a criação dos créditos de carbono é resultado de deliberações realizadas no âmbito das nações unidas, que culminaram com a assinatura do Protocolo de Quioto, que oficialmente instituiu o sistema de créditos de carbono. Observou-se que há uma divisão entre os países signatários, relegando aos países em desenvolvimento a produção dos créditos de carbono através da implementação de mecanismos de desenvolvimento limpo, fiscalizador por órgãos sancionados pela ONU.

Quanto à natureza desses créditos, após conjecturar as possíveis hipóteses imaginadas pela literatura, concluiu-se que esses melhor se adequam a ativos infungíveis (quando negociados por particulares) ou valores mobiliários (quando negociados em bolsa) representativos de direito potestativo de poluir uma quantidade certa de GEE, elegendo-se apenas a hipótese de negociação entre particulares como objeto de investigação deste artigo, visto que os valores mobiliários já são bem regulamentados por microsistema próprio, exigindo estudo específico para enfrentamento da questão.

Na segunda parte do artigo, abordou-se o processo de tokenização de ativos, iniciando-se pela *blockchain*, sistema criptografado em que se registram os *tokens*. Suas principais vantagens são a segurança e imutabilidade das informações ali gravadas, seja de transações ou de registros de propriedade. Investigando os *tokens*, verificou-se que os RCEs poderiam ser transformados em *non-fungible-tokens* (NFTs), classificados como *utility* por representarem um direito a ser usufruído. A utilidade reside na característica das NFTs de possibilitarem rastreamento único, garantindo a propriedade do titular.

Portanto, concluiu-se pela possibilidade técnica e jurídica da tokenização de créditos de carbono, bem como pela sua utilidade em razão de facilitar a operacionalização de relações transnacionais. Isso porque os meios eletrônicos proporcionados pela *blockchain* e pelo processo de tokenização são um denominador em comum entre particulares de países com costumes e ordenamentos distintos, além de reduzirem a burocracia e os custos de instrumentalização e conferirem maior segurança e rastreabilidade em consequência das características da *blockchain*.

## REFERÊNCIAS

ALVES, Raíza Silva, OLIVEIRA, Louise Antunes de, LOPES, Paloma de Lavor. Crédito de Carbono: O mercado de crédito de carbono no Brasil. **Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia**, [s. l.], p. 1-13, 24 out. 2013, p. 08. Disponível em: <https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos13/2018412.pdf>. Acesso em: 03 out. 2022.



ANDRADE, José Célio Silveira; COSTA, Paulo. Mudança Climática, Protocolo de Quioto e Mercado de Créditos de Carbono: Desafios à Governança Ambiental Global. **Organizações & Sociedade**. Salvador, v. 15, n. 45, p. 29-45, abr./jun. 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/osoc/a/gD3Zk99h3txdzXZrRmZdcgL/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 03 out. 2022.

BEZERRA, Waldemar A. das Chagas; OLIVEIRA, Alexandre Barreto de; SANTOS, Daiane Rodrigues dos. A tecnologia *blockchain* e economia do token desmaterialização dos investimentos. In: SOARES, Adriano Mesquita. **Oportunidades e desafios da administração contemporânea**. Ponta Grossa: Aya, 2020, p. 81-103.

BORJA, Alcione Gonçalves Borjges, RIBEIRO, Francis Lee. Crédito de carbono: da estruturação do protocolo de Kyoto à implementação das atividades de projeto MDL. **Revista de Economia da UEG**, Anápolis, v. 3, n. 1, 2007.

BRASIL. **Decreto nº 5.445, de 12 de maio de 2005**. Promulga o Protocolo de Quioto à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, aberto a assinaturas na cidade de Quioto, Japão, em 11 de dezembro de 1997, por ocasião da Terceira Conferência das Partes da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2004-2006/2005/decreto/d5445.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/decreto/d5445.htm). Acesso em: 03 out. 2022.

BRASIL. **Lei nº 10.406, de 10 de janeiro de 2002**. Institui o Código Civil. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/2002/l10406compilada.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2002/l10406compilada.htm). Acesso em: 04 out. 2022.

FIGUEIREDO, Daniel Duarte. **Fundamentos em Blockchain**. Instituto de Gestão e Tecnologia da Informação. Belo Horizonte, 2020.

FRIEDRICH, Johannes. **4 gráficos para entender as emissões de gases de efeito estufa por país e por setor**. WRI Brasil, 2020. Disponível em: <https://wribrasil.org.br/pt/blog/2020/02/quatro-graficos-explicam-emissoes-de-gases-de-efeito-estufa-por-pais-e-por-setor>. Acesso em: 03 out. 2022.

HOPPE, Letícia. et al. Desenvolvimento sustentável e o Protocolo de Quioto: uma abordagem histórica do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo. **Ensaio FEE**, Porto Alegre, v. 32, n. 1, p. 107-136, jun. 2011, p. 112.

JACOBY, Henry; SCHMALENSEE, Richard; WING, Ian Sue. Toward a useful architecture for climate change negotiations. **MIT Joint Program on Science and Policy of Global Change**, n. 49, 1999. Disponível em: <https://dspace.mit.edu/handle/1721.1/3598>. Acesso em: 03 out. 2022.

MARCHSIN, Karina Bastos Kaehler. **Blockchain e smart contracts: As inovações no âmbito do Direito**. São Paulo: Saraiva, 2022.



MARTINS, Júlio Silvestre. **Perspectivas da Tributação dos Tokens Não Fungíveis (NFTS) no Contexto Brasileiro**. Monografia (Bacharel em Direito) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 68p, 2022.

NASCIMENTO, Leonardo Brendo Gomes; MIRA, José Eugênio de Mira; BISON, Thaís; RODRIGUES, Thiago Nascimento. **Criptomoedas e Blockchain**. Porto Alegre: Grupo A, 2022.

PEIRÓ, Nicolás Nogueroles; GARCÍA, Eduardo J. Martinez. Blockchain e os sistemas de registro de imóveis. **Revista de Direito Imobiliário**. São Paulo, v. 86, a. 42, jan./jun. 2019.

PIZZOLATO, Luca. **Cryptocurrencies and tokenization of assets: the managerial implications of a new financial reality**. Dissertação (Mestrado em Gestão de Empresas) - Universidade Autónoma de Lisboa. Lisboa, 62p, 2021.

SOUZA, André Ricardo Passos de. A Tributação das Operações com Créditos de Carbono. **Revista de Direito Tributário da APET**. São Paulo, ano V, v. 20, p. 41-84, dez. 2008. Disponível em: <https://psaa.com.br/publicaes/revista-de-direito-tributario-da-apet-ano-v-v-20-p-41-84-3/>. Acesso em: 03 out. 2022.

TOMAZETTE, Marlon. **Curso de Direito Empresarial: títulos de crédito**. v. 2. 12ª ed. São Paulo: Saraiva Educação, 2021.

VENOSA, Sílvio de Salvo. **Direito civil: contratos**. v. 3. 22 ed. Barueri: Atlas, 2022.

VIDIGAL, Flávio Augusto Marinho. **O protocolo de Quioto, o mecanismo de desenvolvimento limpo e as formas de circulação dos créditos de carbono**. Disponível em: <http://www.domtotal.com/direito/uploads/11.pdf>. Acesso em: 03 out. 2022.