

Estratégia de Ensino com Prototipagem de Trocadores de Calor Educação Inovadora e Transformadora

Mikael Maraschin¹

Flávio Dias Mayer²

Mariana Menezes de Quadros³

RESUMO

O projeto de prototipagem de trocadores de calor fundamenta-se na estrutura de ensino CDIO (Conceiving – Designing –Implementing – Operating) aplicada a disciplina DEQ1011 – Operações Unitárias com Transferência de Calor e Massa I, do Curso de Engenharia Química, por meio da impressão 3D de trocadores de calor utilizando material polimérico. O objetivo do projeto foi aplicar uma nova estratégia na disciplina DEQ1011, em que os alunos foram capazes de idealizar, projetar, construir, testar, analisar os resultados e por último propor melhorias do trocador de calor projetado. Os alunos inicialmente foram introduzidos ao projeto na disciplina DEQ1011 e os que optaram por participar receberam um curso básico do software de desenho digital SolidWorks, posteriormente projetaram os trocadores, imprimiram, testaram e por fim os grupos apresentaram os resultados e possíveis melhorias para seus trocadores de calor. Desta forma percebe-se o aprendizado do aluno e foi realizado uma pesquisa de satisfação e entrevista em que os alunos realizaram críticas e sugestões ao projeto, em que evidenciou a aceitação dos alunos ao projeto e a necessidade de adaptação da proposta a grade curricular da disciplina.

Palavras-chave: estratégia de ensino, trocadores de calor, impressão 3D

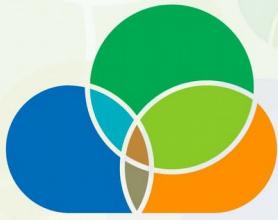
INTRODUÇÃO

Aproximar o acadêmico à realidade industrial a fim de potencializar seu conhecimento e aprimorar seu senso crítico é um desafio para o ensino de engenharia química, até mesmo considerando simples aplicações. As disciplinas majoritariamente teóricas não carregam consigo muito mais que informações técnicas e cálculos exatos que, na grande maioria das vezes, ficam restritos à sala de aula e limitados pela abordagem de professores e/ou pelo interesse dos estudantes. Como salienta Lima & Grillo (2008), a aula da pedagogia centrada na relação de aluno, professor e objeto de conhecimento revela-se como a forma mais eficaz de amenizar a complexidade da relação ensino-aprendizagem, uma vez que organiza o ensino de modo a garantir ao aluno o papel de protagonista no processo

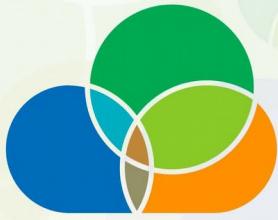
¹ Graduando, UFSM e mikaelmaraschin@gmail.com.

² Docente, UFSM e flavio.mayer@ufsm.br.

³ Graduando, UFSM e marianamenezesquadros@hotmail.com.



de aprendizagem, e ao professor, de tutor nesse processo. Dessa forma, diferencia-se da aula de pedagogia centrada no professor, em que a “transferência do conhecimento” é primada e as aulas são calcadas em cargas teóricas, que não valorizam a relação teórico-prática. No ensino de engenharia na UFSM, a realidade atual é a predominância de aulas da pedagogia centrada no professor. No caso do ensino de Engenharia Química, a dificuldade é maior tendo em vista que os conteúdos profissionalizantes estão relacionados a equipamentos industriais de grande porte, que nem sempre podem ser estudados no âmbito universitário, sendo possível o estudo das operações unitárias associadas a esses equipamentos em escala reduzida e isolada, utilizando módulos didáticos que possibilitam o aprendizado de forma expositiva e desconexa de um objetivo para a realização da prática experimental. É nesse contexto que surge a prototipagem de trocadores de calor através da impressão 3D. Por meio desta nova estratégia de ensino sugerida, as relações teórico-práticas em sala de aula tornam-se dinamizadas, pois as aplicações de situações-problema pelo professor serão facilitadas, impactando diretamente no estudante a reflexão e a criatividade (Grillo & Gessinger, 2007), contribuindo então, para a construção do seu acervo técnico e não, tão somente, a memorização de informações técnicas. Essa estratégia de ensino centrada no aluno vem sendo utilizada em diversos cursos de engenharia em diferentes países, como por exemplo nos cursos que participam da CDIO Initiative. Essa estrutura fornece aos alunos uma educação cujo currículo enfatiza os fundamentos de engenharia estabelecidos no contexto concepção – projeto – implementação – operação, do inglês Conceiveing – Designing — Implementing — Operating (CDIO). Mundialmente, os colaboradores da iniciativa CDIO adotam-na como estrutura de planejamento curricular e de avaliação baseada em resultados. Assim, a busca do protagonismo para os estudantes em sua formação acadêmica e do professor na figura de tutor ensejou o uso de uma estrutura CDIO como estratégia de ensino na disciplina DEQ 1011, do Curso de Engenharia Química da UFSM. Objetiva-se, dessa forma, desenvolver e aplicar uma nova estratégia de ensino de operações unitárias através da prototipagem de trocadores de calor utilizando materiais poliméricos com auxílio da impressão 3D. Espera-se atingir resultados que possibilitem a reflexão teórico-prática, em especial sob o enfoque crítico-reflexivo, e que estimulem os

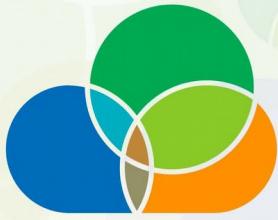


alunos para a construção e o desenvolvimento de suas bagagens técnico-profissionais essenciais.

A metodologia empregada experimentalmente seguiu as etapas da metodologia CDIO da seguinte forma: O problema inicial foi o projeto de trocadores de calor utilizando o copolímero ABS (Acrilonitrilo-butadieno-estireno), que possui um coeficiente de condutividade térmica muito inferior a materiais metálicos que normalmente são utilizados na produção de trocadores de calor industrialmente, o projeto teria como objetivo compensar a baixa condutividade térmica do material com mudanças geométrica a fim de maximizar a área de troca térmica, sendo que com a utilização de impressão 3D é possível obter geometrias que não seriam viáveis com técnicas tradicionais. A validação do design ocorreu com a capacitação dos membros das equipes na utilização de *software* de desenho 3D, o *software* utilizado na capacitação foi o SolidWorks, porém o *software* a ser utilizado ficava a critério dos membros do grupo visto que os alunos poderiam ter maior experiência com outros *softwares* como AutoCAD, após a capacitação os alunos desenvolveriam os desenhos das geometrias dos trocadores de calor propostos por eles, aplicando os conhecimentos adquiridos na primeira e segunda etapas. A validação da implementação ocorreu por meio da impressão dos trocadores de calor com a empresa Sttalo ® da Incubadora Tecnológica de Santa Maria (ITSM), e foram testadas no módulo didático do laboratório. A validação da operação se deu pela análise dos dados obtidos na etapa de implementação.

DESENVOLVIMENTO (RESULTADOS E DISCUSSÃO)

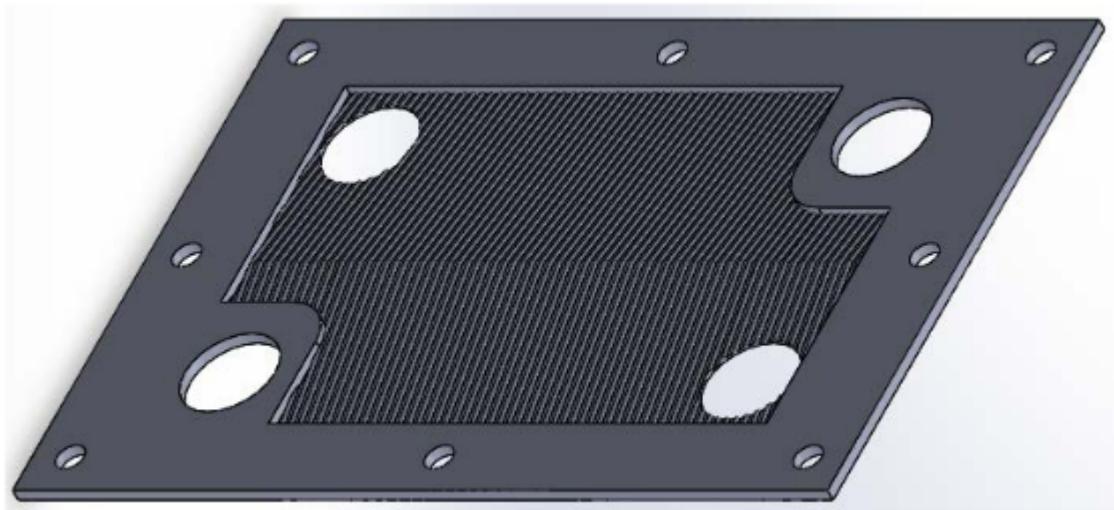
Nesta etapa foram realizados o desenho do protótipo em 3D e sua impressão. Os alunos realizaram um minicurso sobre o software SolidWorks para o projeto em 3D, onde puderam conhecer os comandos básicos para o desenho do trocador concebido. Desta forma, os sete grupos tiveram a possibilidade de desenhar e planejar a impressão do trocador com o auxílio de um tutor.



Todos os projetos em 3D foram examinados pela empresa responsável pela impressão dos protótipos e a partir disso, foram determinadas as especificações conforme as limitações de área e tempo e tempo de impressão.

Após o minicurso, foi dado um prazo para que os alunos concebessem o desenho de seu protótipo. Por exemplo, o grupo 6 projetou um trocador de calor de placas, com as seguintes especificações: espessura da placa de 3mm, altura de 180 mm e comprimento da base de 100 mm, conforme as restrições da impressora. A Figura 1 ilustra o projeto do trocador de um dos grupos.

Figura 1. Ilustração do projeto de trocador de placas, realizado pelo grupo 6.

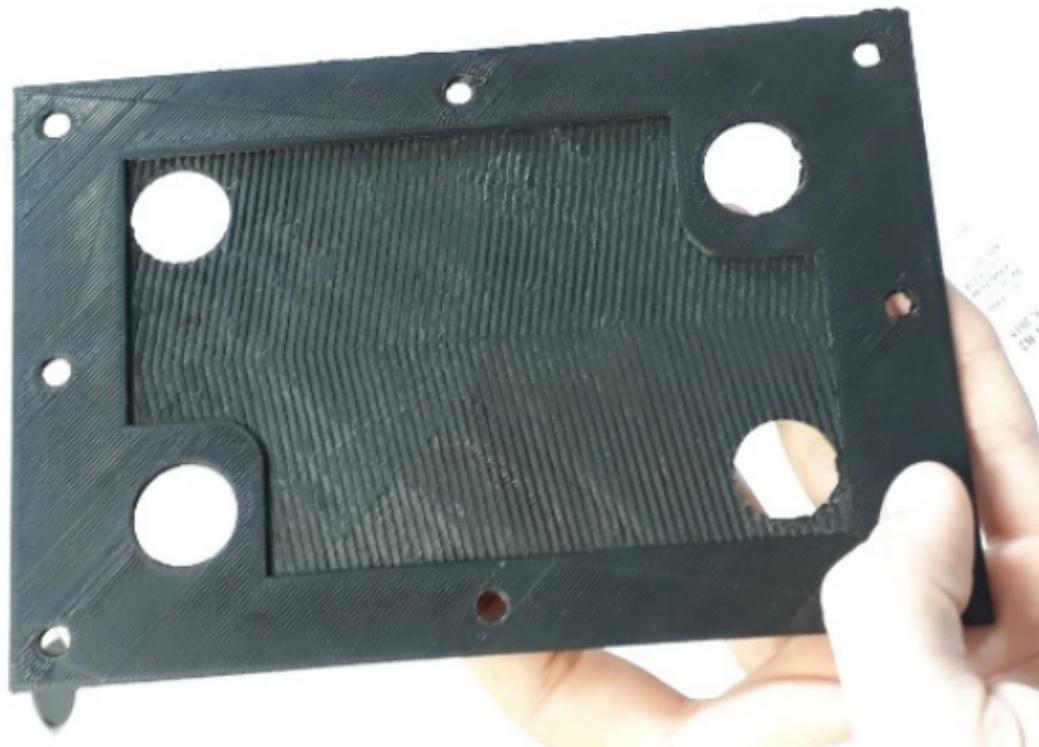


Fonte: autores

Após a finalização do desenho em 3D foi feita a impressão do projeto concebido pelo grupo 6. Uma das quatro unidades das placas, é apresentada na Figura 2. Nota-se que o tamanho da placa é um pouco maior que a palma de uma mão.



Figura 2. Placa impressa do projeto de trocador de placas.



Fonte: autores

Além deste trocador, foi projetado outro trocador de calor do tipo placas idealizado pelo grupo 1, no entanto, utilizando uma geometria circular, conforme representado na Figura 3.

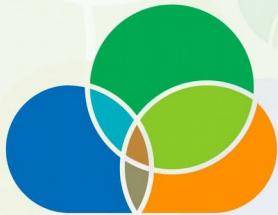


Figura 3. Placa circular.

autores

Figura



Fonte:

A
4

presenta esse projeto já impresso em 3D. Nota-se que as dimensões são próximas a de uma caneta.

4. Placa
impressa.



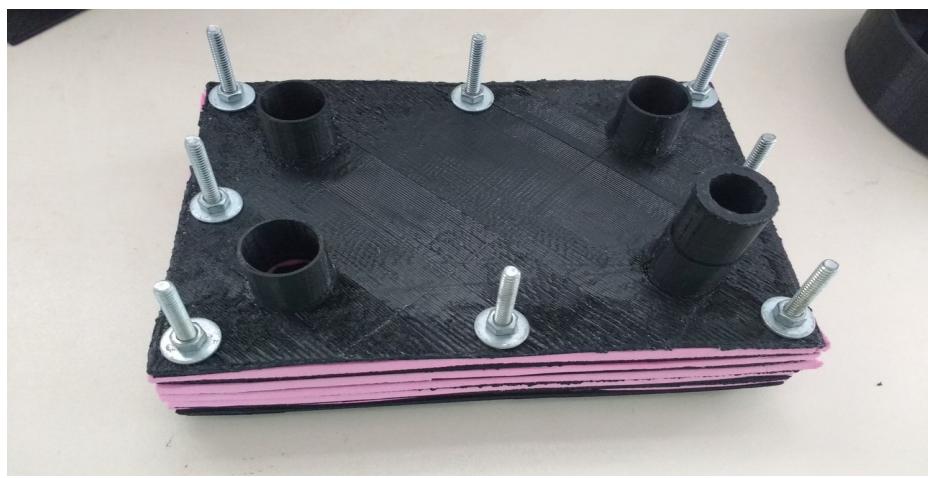
Figura
circular



Fonte: autores

A Figura 5 apresenta um trocador de calor de placas, montado por um dos grupos, utilizando as placas projetas por eles e parafusos, porcas e EVA.

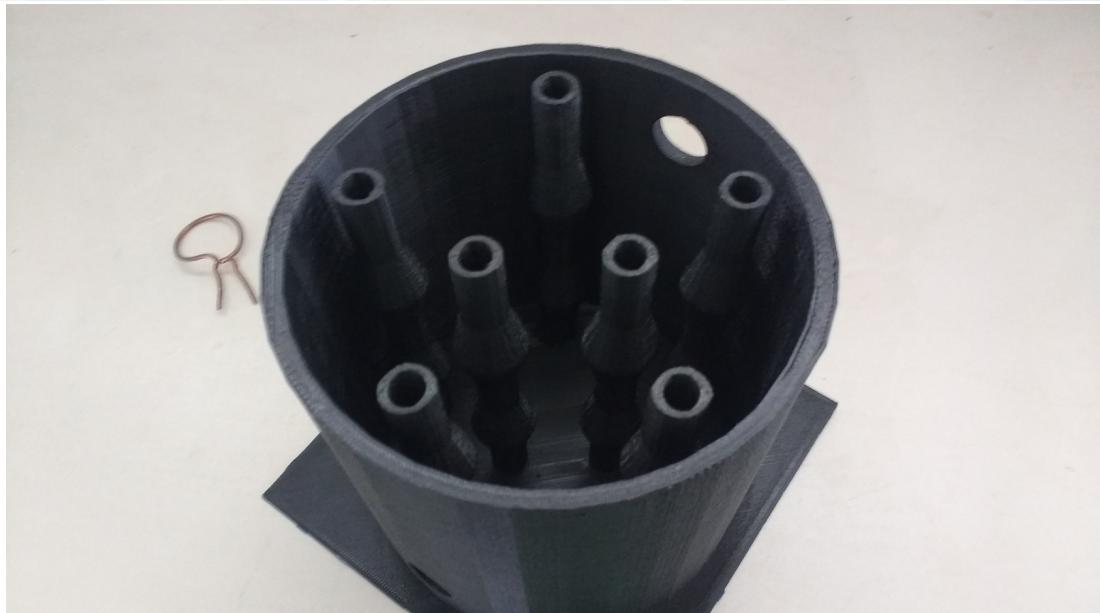
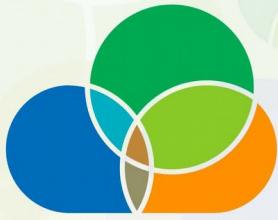
Figura 5. Trocador de placas montado



Fonte: autores

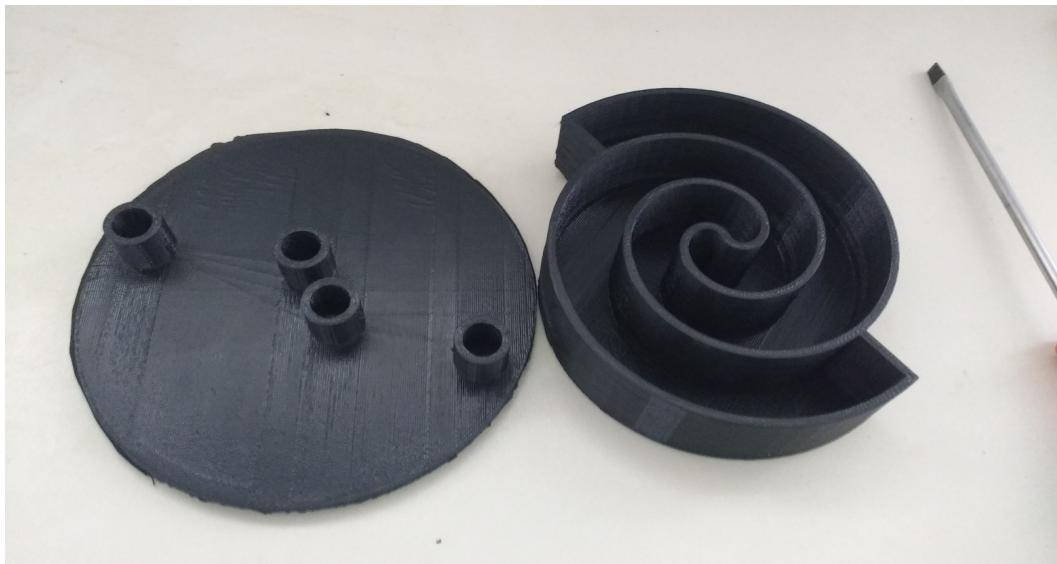
A Figura 6 apresenta o casco e os tubos de um trocador de calor casco e tubos.

Figura 6. Trocador casco e tubos.



Fonte: autores

A Figura 7 apresenta um tocador de calor do tipo espiral



Fonte: autores

Por fim os dados operacionais foram adquiridos fazendo adaptações aos trocadores de calor para conectá-los ao módulo didático de trocadores de calor, que possui um botijão de gás como combustível, um aquecedor de água a gás, manômetros para determinar a queda de pressão e consequentemente a vazão nos



tubos, e termopares para medir a temperatura de entrada e saída das correntes de água que circulam no trocador de calor como é apresentado nas Figuras 8 e 9.

Figura 8. Modulo didático de trocadores de calor, vista frontal.

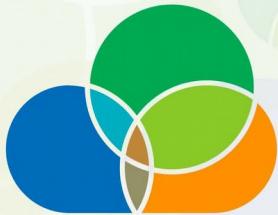


Fonte: autores

Figura 9. Módulo didático de trocadores de calor, parter a cima da bancada.

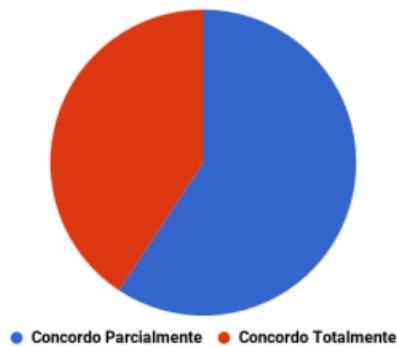


Fonte: autores

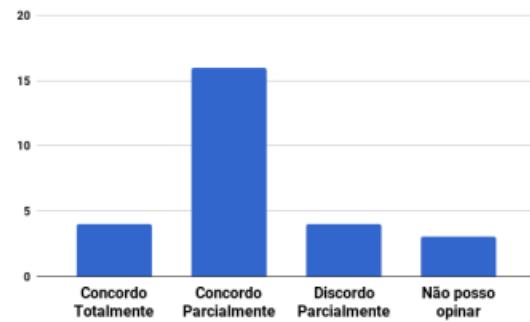


Ao fim do projeto, foi aplicada uma pesquisa de satisfação com os alunos da disciplina, onde foram feitos questionamentos referentes ao projeto em si e ao auxílio dado pelo Espaço CrEativo, durante o primeiro semestre de 2017. Dos 31 alunos participantes do projeto, 27 responderam à pesquisa, onde suas respostas foram compiladas em gráficos que estão ilustrados na figura 10

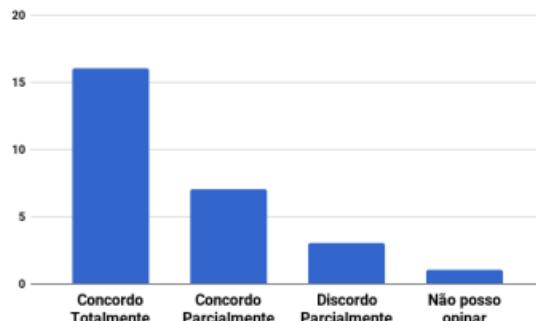
Figura 10. Resultados da pesquisa de satisfação, com perguntas de 1 a 4.



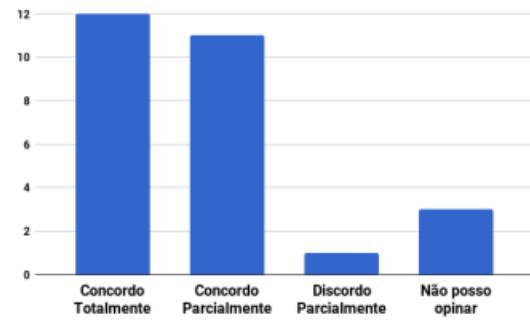
1. O projeto PTC atendeu as suas expectativas?



2. O minicurso do software oferecido atendeu as necessidades do grupo?

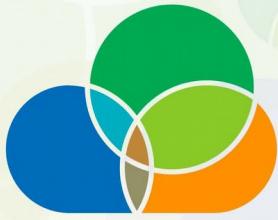


3. O acompanhamento dos tutores foi adequado?



4. Os critérios de avaliação foram adequados?

A partir dos gráficos ilustrados pela figura 10, pode-se notar que o projeto atendeu às expectativas dos alunos. Além disso, foi possível perceber que o minicurso do software utilizado para o desenho em 3D atendeu parcialmente as necessidades dos alunos, tendo como sugestão um maior tempo de curso, a fim de aprimorar essa capacitação.



CONCLUSÃO

Deste modo, observa-se que os alunos do sexto semestre do Curso de Engenharia Química da UFSM conseguiram ter uma noção da aplicabilidade de trocadores de calor na indústria, assim como perceber a dificuldade de projetar um equipamento com especificações limitadas. Somando-se a isso, após a apresentação dos resultados por parte dos alunos da disciplina DEQ1011, pode-se perceber que os mesmos se mostraram motivados por participar do projeto, uma vez que foram protagonistas de um projeto de engenharia, o que não é corriqueiro no curso.

Com o presente projeto, os educandos tiveram a oportunidade de aplicar os conhecimentos adquiridos em sala de aula na prática, fazendo com que os mesmos se motivem ainda mais a pesquisar sobre o tema de trocadores de calor. Além disso, foi verificada a implementação de uma metodologia ativa de ensino, utilizando a aprendizagem baseada em projetos, ou seja, conceber, desenhar, implementar e operar.

Além disso, trata-se de uma oportunidade para a prática de outras iniciativas, podendo o projeto ser transcendido do ensino para a pesquisa, já que matérias-primas específicas para o emprego da impressão 3D são necessárias. Nesse caso, por exemplo, os chamados filamentos são constituídos de polímeros e, atualmente, estão disponíveis no mercado em plásticos de engenharia com elevado custo. A pesquisa de plásticos Standard – PP e PE – bem como plásticos de alta tecnologia – ABS, PLA e PC aditivados, portanto, podem viabilizar a impressão 3D a um número maior e até mais sofisticado de aplicações.



REFERÊNCIAS

LIMA, R. & GRILLO, C. R. IN FREITAS, Ana Lúcia Souza de. A gestão da aula universitária na PUCRS / Ana Lúcia Souza de Freitas, Rosana Maria Gessinger; organizadoras, Marlene Correro Gillo, Valderez Marina do Rosário Lima. – Porto Alegre: EDIPUCRS, 2008.

GRILLO, C. R. & GESSINGER IN FREITAS, Ana Lúcia Souza de. A gestão da aula universitária na PUCRS / Ana Lúcia Souza de Freitas, Rosana Maria Gessinger; organizadoras, Marlene Correro Gillo, Valderez Marina do Rosário Lima. – Porto Alegre: EDIPUCRS, 2008