



ABORDAGENS PARA PROCESSOS DE ENSINO E APRENDIZAGEM DA REPRESENTAÇÃO GRÁFICA ATRAVÉS DA MODELAGEM PARAMÉTRICA TRIDIMENSIONAL.

DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2025.6408

Autores: MARCOS MARTINS BORGES, ANDRÉ RIBEIRO DE OLIVEIRA

Resumo: *Este artigo relata a evolução das estratégias de aprendizagem ativa adotadas em disciplina de expressão gráfica nos cursos de engenharia de produção e engenharia mecânica da Universidade Federal de Juiz de Fora, com a utilização de softwares de modelagem paramétrica tridimensional. As práticas metodológicas descritas e adotadas na disciplina já foram publicadas e relatadas em outras oportunidades. Entretanto, neste trabalho são apresentados os desdobramentos e atualizações das experiências realizadas ao longo dos últimos anos, associadas aos resultados preliminares obtidos na pesquisa de pós-doutoramento de um dos autores. É descrita uma abordagem de ensino e aprendizagem a partir da modelagem de equipamentos disponíveis para os estudantes. A partir dos modelos desenvolvidos, foi realizado um levantamento dos principais recursos de modelagem utilizados que contribuem para a identificação de melhores estratégias de ensino e identificação de padrões de raciocínio espacial.*

Palavras-chave: *aprendizagem ativa, modelagem paramétrica tridimensional, expressão, processo de projeto.*

ABORDAGENS PARA PROCESSOS DE ENSINO E APRENDIZAGEM DA REPRESENTAÇÃO GRÁFICA ATRAVÉS DA MODELAGEM PARAMÉTRICA TRIDIMENSIONAL.

1 INTRODUÇÃO

A representação gráfica e o processo de projeto são áreas de conhecimento intrinsecamente interligadas (BORGES, 2016; LAWSON, 2011; SCHON, 1983). O desenvolvimento das ferramentas e tecnologias vinculadas a estas áreas, apresentam uma evolução que se mostrou impactante no início da década de 90 do século XX, marcando a transição de meios analógicos para plataformas digitais, até a constatação atual de uma evolução tecnológica mais acentuada. Essa evolução também reforça o sentido de indissociabilidade entre representação e projeto, verificada, entre outros aspectos, através das possibilidades de manipulação, análise e simulação de desempenho de produtos (BARR, 2012; LEAKE & BORGERSON, 2015).

Historicamente, o desenvolvimento e evolução dos atuais softwares de modelagem paramétrica tridimensional se deu a partir dos primeiros computadores de grande porte que objetivavam a elaboração de sistemas de controle numérico no final da década de 50 e início da década de 60 do século XX (WEISBERG, 2022; KOLBASIN & HUSU, 2018). O sistema "Pronto", desenvolvido por Patrick J. Hanratty em 1957, foi o primeiro sistema de controle numérico disponível comercialmente e é considerada a plataforma que estabeleceu as bases técnicas para o desenvolvimento dos sistemas CAD (BALTES, 2024). O *Sketchpad* desenvolvido na tese de doutoramento de Ivan Sutherland no *Massachusetts Institute Of Technology* (MIT) em 1963, com o título "*Sketchpad: A Man-Machine Graphical Communication System*", foi o primeiro sistema com uma interface gráfica que utilizava uma caneta de luz e um monitor de tubo de raios catódicos (PORTER, 1997; TEDESCHI, 2014). Desde este início até os atuais sistemas, o caminho percorrido mostrou uma rápida evolução tecnológica que impactou de forma geral o processo de projeto e, especificamente no caso da pesquisa apresentada aqui, os processos de ensino e aprendizagem da representação gráfica.

Desta forma, esse trabalho aborda o tema com o intuito de contribuir para o entendimento da evolução e transformações em curso nos setores que trabalham diretamente com o processo de projeto de forma geral e consequentemente com os aspectos relacionados à representação gráfica. Muitos desafios precisam ser enfrentados, indo desde a estrutura curricular dos cursos até as abordagens ativas em sala de aula. Assim, a pesquisa em andamento objetiva contribuir no sentido de subsidiar possíveis procedimentos metodológicos no suporte a esses processos a partir da experimentação prática e registro da estrutura da modelagem de equipamentos realizados como trabalhos práticos por estudantes ao longo de alguns anos em disciplina da área.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este artigo relata resultados parciais de pesquisa que se estrutura a partir de duas principais abordagens teóricas. A primeira se relaciona com a área de educação em engenharia e, mais especificamente, aos conceitos da aprendizagem ativa. A segunda se refere à área da representação gráfica e sua relação com o processo de projeto.

A abordagem adotada na disciplina de representação gráfica relatada neste trabalho se estrutura a partir da implementação de estratégias de aprendizagem ativa. Diversas

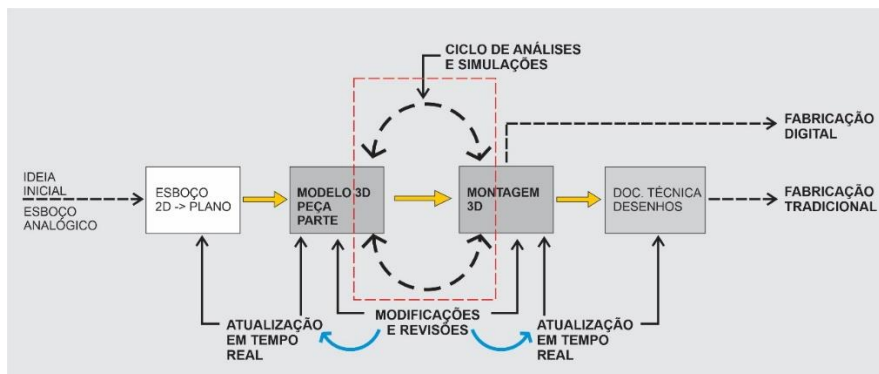
possibilidades de implementação dessas estratégias estão relatadas na literatura. Destacam-se as seguintes abordagens como as mais aderentes ao tema da presente pesquisa: resolução de problemas, desenvolvimento de projetos, aprendizagem em equipe e aprendizagem baseada em casos (HERNÁNDEZ-DE-MENÉNDEZ et. al., 2019; HARTIKAINEN et. al., 2019). O objetivo da adoção dessas estratégias em cursos de graduação em engenharia, envolve metodologias que colocam o estudante no centro do processo de aprendizado, objetivando contextualizar conteúdos teóricos com situações reais. Em contraponto ao ensino tradicional de caráter passivo, a aprendizagem ativa busca estimular o pensamento crítico, a criatividade e a autonomia dos estudantes (DE FRANÇA & KATO, 2022).

Nesta direção, uma abordagem convergente com o que está sendo adotado na presente pesquisa é o procedimento de dissecação mecânica relatado por Leake & Borgerson (2015), como um processo de aprendizagem ativa. Nesse caso, os estudantes são solicitados a analisar como problemas específicos de projeto foram desenvolvidos e resolvidos pelos engenheiros em situações reais. O procedimento adotado é a desmontagem de um produto de baixa ou média complexidade, a modelagem tridimensional paramétrica de seus componentes e a proposição de intervenções que possam melhorar alguma característica negativa identificada no produto (LEAKE & BORGERSON, 2015).

Essa abordagem se refere mais especificamente ao processo de projeto com a utilização de softwares de modelagem paramétrica tridimensional. Nesses sistemas, a modelagem do produto deve ser entendida como a elaboração do artefato virtual com exatamente os mesmos componentes tridimensionais que comporão o produto físico após sua manufatura (STROUD, 2006; SHIH & SCHILLING, 2024).

Neste trabalho, o foco está nos modeladores que possibilitam a manipulação direta da geometria de forma parametrizada, como é o caso do SolidWorks, Inventor, Onshape, Catia, entre outros. Nesses sistemas, a modelagem se estrutura a partir do desenho de esboços que geram geometrias tridimensionais que possuem variáveis editáveis as quais estabelecem os parâmetros gerais da geometria. Essas variáveis podem ser as dimensões de uma peça em um equipamento, por exemplo, ou uma equação que estabelece uma curva geradora de superfície. Quando há a necessidade de modificação e edição de uma variável dimensional, a partir de um ou mais ciclos de análises e simulações, os novos valores são atualizados nas três estruturas principais de representação da peça no modelador, ou seja, na própria peça sendo editada, na montagem do equipamento e nos desenhos técnicos gerados a partir dessas peças e montagens. Se houver alguma inconsistência na edição realizada, está será detectada e informada ao projetista para que faça as correções ou modificações necessárias (FIALHO, 2012). O diagrama da figura 01 exemplifica essa integração e correlação entre geometrias e relações entre peças de um determinado produto.

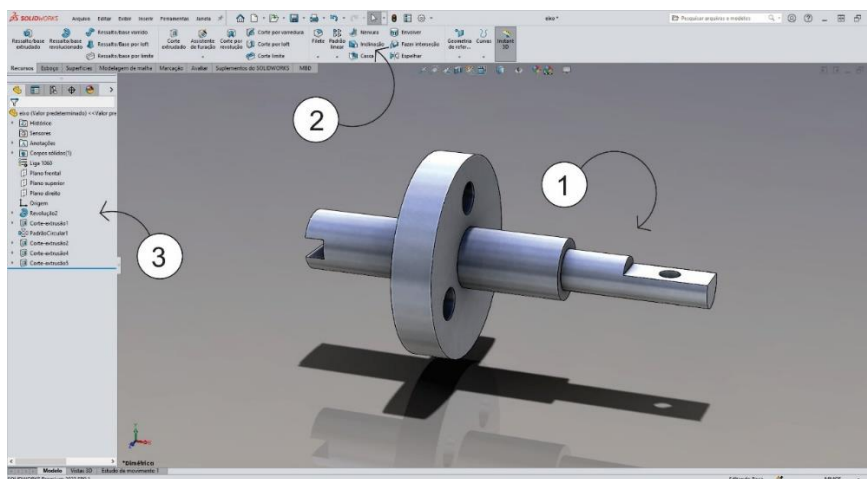
Figura 1 – Esquema genérico da Modelagem Paramétrica.



Fonte: Os autores

A maioria dos modeladores apresenta uma estrutura baseada em três áreas principais. A área 1 da figura 2, apresenta o ambiente principal de modelagem estruturado em um sistema de coordenadas cartesianas tridimensionais (X, Y e Z). Esse é o ambiente de visualização e modelagem direta para peças e montagens. A área 2 da figura 2, apresenta os painéis de recursos de modelagem, como extrusão, revolução, varredura, entre outros. Nesta área também estão disponíveis os recursos de esboço e outras ferramentas, conforme necessidade de modelagens e análises específicas. Por fim a área 3, denominada “árvore de recursos”, registra o histórico de operações de modelagem realizadas e permite acesso à edição de parâmetros de peças já modeladas.

Figura 2 – Interface de Modelador Paramétrico.



Fonte: Os autores.

O quadro 1 apresenta uma organização das ferramentas de modelagem tridimensional disponíveis no software em três categorias: recursos primários, recursos secundários e recursos auxiliares. Existem vários outros recursos disponíveis no sistema. Entretanto para os objetivos deste trabalho, esses são os mais frequentes e permitem a modelagem de uma vasta gama de geometrias. Além disso, os recursos primários estão considerados agrupados de dois em dois, ou seja, a partir do mesmo princípio de operação que correspondem à geração de volumes ou geração de vazios. Desta forma, a extrusão e o corte extrudado, por exemplo, são considerados no mesmo grupo.

Quadro 1 - Turno dos cursos de engenharia

Tipo de Recurso	Ferramentas
Recursos de Modelagem Primários.	• Extrusão e corte extrudado. • Revolução e corte revolucionado. • Varredura e corte por varredura. • Loft e corte por loft.
Recursos de Modelagem Secundários.	• Chanfro. • Filete. • Padrão linear. • Padrão circular. • Espelhamento. • Casca.
Recursos auxiliares (geometrias de referência).	• Plano auxiliar. • Eixo. • Sistema de coordenadas. • Hélice.

Fonte: Os autores.

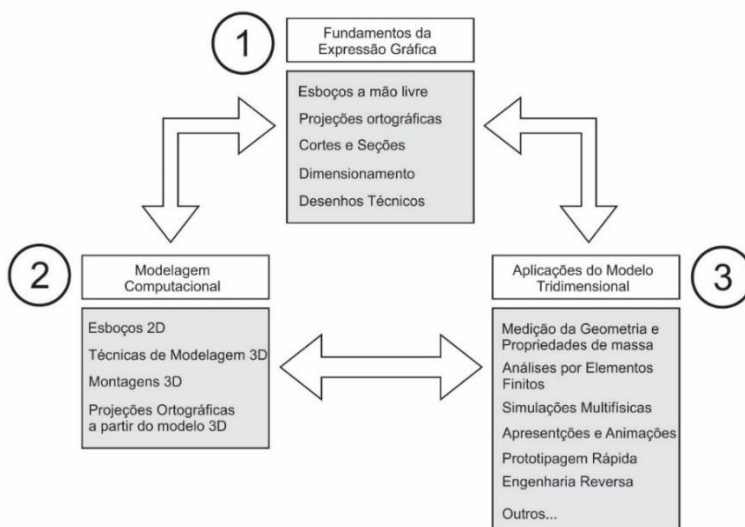
A partir da estrutura dos modeladores paramétricos tridimensionais apresentada, algumas abordagens teóricas relacionadas à formação em engenharia e, principalmente, no que se refere ao campo do processo de projeto, foram desenvolvidas e se configuram como a base para os experimentos relatados neste trabalho. A figura 3, sintetiza a argumentação de Barr (2012), que estabelece uma relação clara entre fundamentos da representação gráfica ou desenho técnico, modeladores tridimensionais e aplicações do modelo tridimensional. A articulação entre as três áreas pode ser descrita da seguinte forma:

1 – Os fundamentos da Expressão Gráfica (1) se referem aos conceitos básicos que estruturam a representação técnica de artefatos.

2 – Os tópicos relacionados ao grupo (2) se referem às técnicas específicas de modelagem paramétrica tridimensional existentes na estrutura de grande parte dos softwares disponíveis atualmente.

3 – As Aplicações do Modelo Tridimensional (3) se referem a diversas áreas de conhecimento que se articulam e se relacionam diretamente às geometrias modeladas no grupo 2 e possibilitam análises e simulações de desempenho dessas geometrias. Além disso, essas aplicações se articulam com o processo de desenvolvimento de produtos e representam o conhecimento tecnológico que perpassa o campo da arquitetura, das engenharias e do design.

Figura 3 – Áreas de conhecimento em torno da Expressão Gráfica.



Fonte: Adaptado de Barr (2012).

O processo de dissecação mecânica relatado por Leake & Borgerson (2015), adota abordagens semelhantes e se mostra convergente com o modelo de Barr (2012). Ambos se configuram como estratégias de aprendizagem ativa e se configuram como a base dos experimentos relatados neste trabalho.

3 METODOLOGIA

A estratégia metodológica adotada foi baseada nos conceitos da *Design Science Research* (DSR). Tal estratégia se traduz em uma abordagem de pesquisa que visa criar soluções inovadoras para problemas práticos e complexos por meio da aplicação do conhecimento científico e de estratégias de design. Desta forma, as soluções investigadas para o problema podem ser testadas e validadas para uma aplicação mais abrangente (DRESCH, et. al, 2015).

Segundo os autores, a DSR envolve a criação e avaliação de artefatos, como modelos, métodos, algoritmos e protótipos, com o objetivo de melhorar ou resolver um determinado problema. Ao contrário da pesquisa tradicional que busca entender e descrever fenômenos, a DSR busca gerar conhecimento pragmático que possa ser aplicado na prática. Em resumo, o DSR envolve um processo cíclico de identificação do problema, projeto e desenvolvimento da solução, avaliação da solução e disseminação dos resultados.

Neste sentido, a presente pesquisa estabeleceu como classe de problema a ser investigado, a identificação de como a utilização de modeladores paramétricos tridimensionais podem contribuir para a formação dos estudantes nos conteúdos relativos à representação gráfica e processo de projeto, além da possibilidade de identificar as conexões desses conteúdos com outras áreas de formação das engenharias. A partir da definição dessa classe de problemas, foram propostas diretrizes para esses processos e realizadas as avaliações a partir da experimentação em situações reais e análise dos trabalhos desenvolvidos em sala de aula.

Desta forma, a coleta de dados se deu conforme descrito abaixo:

- Observações sistemáticas das aulas e sessões de laboratório.
- Análise de projetos desenvolvidos, com foco nos recursos de modelagem utilizados, grau de detalhamento e complexidade espacial.

Os trabalhos foram desenvolvidos no *software* SolidWorks, disponível no laboratório utilizado para a ministração de aulas e desenvolvimento dos experimentos. Entretanto, a estrutura de modelagem tridimensional paramétrica presente nesta plataforma, também é encontrada em outros sistemas com acesso educacional gratuito ou acesso com algumas limitações de recursos, como é o caso do Inventor da Autodesk e do OnShape da PTC.

Para a análise dos projetos desenvolvidos e da estrutura de modelagem realizada, foram selecionados três equipamentos modelados pelos estudantes nos últimos 4 anos. Dois equipamentos pertencem ao Museu de Ciência e Tecnologia da UFJF e um equipamento faz parte do laboratório de fabricação da Faculdade de Engenharia da UFJF.

Por fim, os resultados obtidos foram explicitados e traduzidos em proposta de estrutura didática para divulgação e possível aplicação em contextos semelhantes.

4 DESENVOLVIMENTO

A grade curricular do curso de Engenharia de Produção atualmente oferece duas disciplinas de Expressão Gráfica com carga horária de duas aulas semanais cada. A Expressão Gráfica I, aborda os conteúdos básicos do desenho técnico com a utilização do *software* AutoCAD e uma abordagem metodológica mais tradicional, incluindo a aplicação de três avaliações ao longo do semestre. A disciplina Expressão Gráfica II, trabalha os conceitos da modelagem computacional ou modelagem paramétrica tridimensional, conforme apresentado na estrutura adaptada de Barr (2012), a partir de uma abordagem de aprendizagem ativa, com a modelagem de equipamentos reais. A avaliação é realizada a partir da realização desse projeto.

A abordagem na disciplina Expressão Gráfica II é descrita neste trabalho. O conteúdo é dividido em três partes principais.

A primeira se inicia de uma forma tradicional, com os alunos frequentando aulas expositivas e práticas, com a elaboração de exercícios utilizando técnicas de esboços à mão livre. Os conteúdos abordados fazem uma revisão da disciplina anterior e estão relacionados desde os conceitos básicos de geometria descritiva, projeções ortográficas, perspectivas isométricas, cortes, dimensionamento e construções geométricas. Os alunos desenvolvem as tarefas a partir de material impresso (perspectivas isométricas de peças mecânicas simples), sem o uso de instrumentos de desenho e uso mínimo de borracha.

Na segunda parte, os exercícios são elaborados a partir de modelos físicos tridimensionais com a medição de dimensões em peças didáticas e sua modelagem em *software* paramétrico. Nesta etapa também se solicita que os desenhos sejam feitos a mão livre e algumas técnicas de construção geométrica também são trabalhadas. Os objetos tridimensionais são trabalhados a partir de modelos de peças didáticos em madeira até peças mais complexas que são parte das máquinas existentes no laboratório de fabricação.

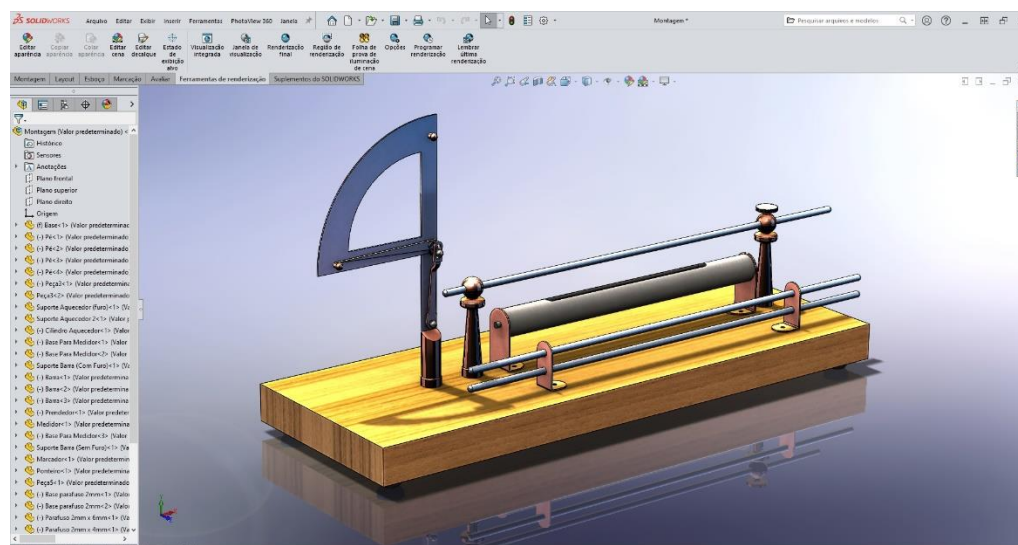
Nesta etapa os estudantes dividem o tempo de aula entre a medição de peças e componentes no laboratório de fabricação e a modelagem dessas peças no laboratório de informática para começar a trabalhar com ferramentas computacionais de modelagem sólida paramétrica (SolidWorks). Nesta etapa da disciplina a intenção é a aproximação ao ambiente do *software* a partir de exercícios que vão desde algumas peças simples, passando por componentes de complexidade média, até partes que apresentam maior dificuldade de modelamento. São elaborados em torno de seis a oito exercícios de complexidade crescente, onde são trabalhadas as ferramentas principais de modelagem sólida como extrusão e revolução, corte extrudado, entre outras.

Na etapa final da disciplina, os alunos começam a fazer medições e modelagem de peças de equipamentos mecânicos do laboratório de fabricação. O objetivo é apresentar as

tarefas mais complexas de modelagem tridimensional e fazer a ligação com os conhecimentos adquiridos nos exercícios anteriores. Nesta fase, as peças a serem modeladas já fazem parte do equipamento que vai ser objeto do trabalho final da disciplina, atribuído a grupos de quatro a cinco alunos.

A figura 4 apresenta um exemplo de equipamento elaborado por uma equipe de estudantes do curso de Engenharia de Produção. Trata-se de um pirômetro, equipamento que faz parte do acervo do Museu Dinâmico de Ciência e Tecnologia da Faculdade de Engenharia da UFJF.

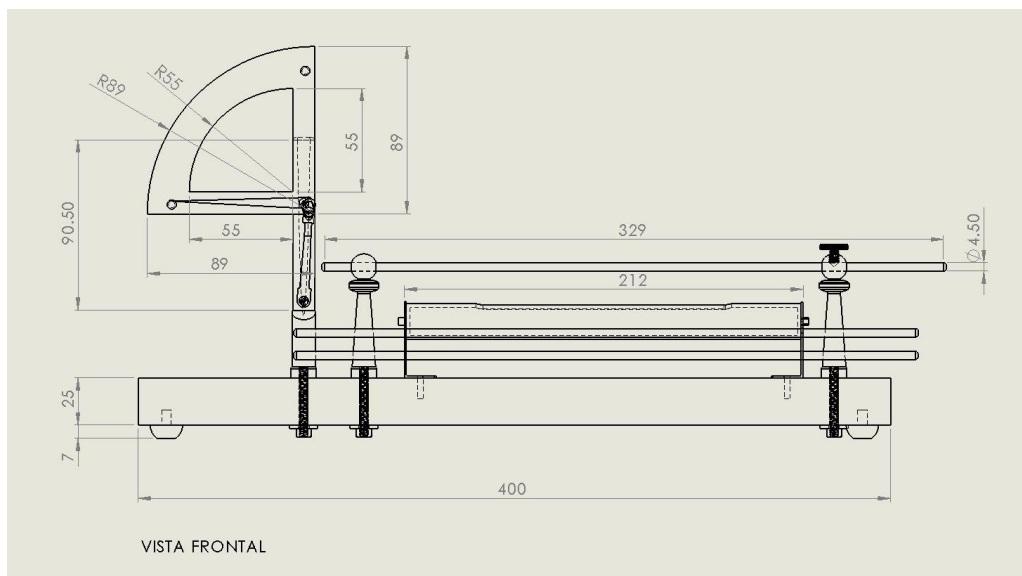
Figura 4 – Modelo desenvolvido pelos estudantes.



Fonte: Os autores.

Como complementação e ilustração dos resultados obtidos, a figura 5 apresenta uma captura de tela de uma vista gerada no módulo de desenhos técnicos para o caso do pirômetro, elaborado a partir do modelo tridimensional.

Figura 5 – Vista frontal do Pirômetro.



Fonte: Os autores.

5 ANÁLISE QUALITATIVA DE DADOS

Em uma análise qualitativa dos dados coletados, verificam-se alguns aspectos que se mostram relevantes a partir do ponto de vista dos processos de ensino e aprendizagem. Esses aspectos são comentados a seguir, organizados em três categorias.

A primeira se refere à análise do procedimento de modelagem adotado pelas equipes a partir da análise dos arquivos de peças individuais e montagens dos equipamentos:

- No que se relaciona a modelagem das peças, verifica-se a predominância de operações de extrusão e corte extrudado, seguidos de operações de revolução, corte revolucionado e corte por varredura, na grande maioria das peças modeladas.
- A predominância de operações de extrusão, considerando-a em conjunto com o corte extrudado, já que possuem o mesmo princípio de funcionamento, pode ser explicado pela natureza das geometrias e pela facilidade de utilização desses recursos. Também, a extrusão é o primeiro recurso trabalhado com os estudantes nos exercícios iniciais.
- A utilização do recurso de extrusão é identificada mesmo na modelagem de geometrias cilíndricas, onde o recurso de revolução poderia ter sido empregado. O uso da extrusão para modelagem de formas cilíndricas se dá predominantemente em geometrias mais simples. Esse aspecto também pode estar relacionado ao fato de que a extrusão exige um raciocínio espacial mais simples se comparado ao raciocínio necessário para a construção de uma geometria por revolução. Exemplificando, a extrusão de qualquer forma esboçada bidimensionalmente é facilmente prevista ou visualizada pelo projetista mesmo antes da realização da operação. No caso da revolução, é necessário identificar a forma e o eixo em torno do qual a forma deve girar, além de prever o ângulo final da revolução. A visualização prévia do resultado é mais complexa se comparada à necessária no processo de extrusão.
- As características geométricas dos equipamentos modelados podem ser identificadas como manipulações de sólidos geométricos básicos (cubo, cilindro, esfera, cone e pirâmide), o que reforça a utilização frequente de recursos de extrusão e revolução.

A segunda Categoria se refere à observação direta e orientação na elaboração dos modelos em sala de aula:

- A estrutura dos softwares de modelagem paramétrica utilizada, como é o caso do SolidWorks, apresenta uma interface bastante intuitiva e uma lógica de modelagem que não se mostra como obstáculo no processo de aprendizagem.
- Nas observações realizadas em sala de aula, um número significativo de estudantes opta por trabalhar a modelagem das peças a partir de vistas ortográficas em detrimento da modelagem em ambiente tridimensional.
- Em contrapartida, no processo de montagem dos equipamentos, observa-se uma tendência maior de uso das vistas isométricas e observação do modelo em formato tridimensional.
- No procedimento de montagem dos equipamentos, observa-se o potencial para o desenvolvimento do raciocínio espacial que as plataformas de modelagem tridimensional oferecem. Esse potencial fica explícito a partir dos resultados apresentados pelos alunos na concretização do trabalho final. Esse aspecto demanda aprofundamento da pesquisa para validação desta observação.
- Verificou-se a importância de abordar conceitos básicos sobre geometria plana e espacial e, principalmente, as manipulações possíveis de figuras geométricas básicas (quadrado, triângulo e círculo), no espaço bidimensional e no espaço tridimensional (cubo, cilindro, esfera, cone e pirâmide).

- Essa abordagem de conceitos geométricos básicos, utilizando esboços à mão livre e posterior modelagem tridimensional destas figuras, contribui de forma significativa para a realização dos trabalhos desenvolvidos pelos estudantes.
- O método utilizado na disciplina, colocando o estudante como participante ativo no processo de modelagem do equipamento, atua como estímulo e propicia um maior envolvimento de cada um na concretização das tarefas.
- O trabalho desenvolvido em equipe, demanda uma articulação entre os estudantes que reforça os aspectos de aproximação com a realidade do mercado de trabalho no que se refere ao processo de projeto.

Por fim, a terceira categoria se refere à identificação da relação dos trabalhos com outras áreas de conhecimento:

- A modelagem de peças e componentes de produtos reais, disponíveis no laboratório de fabricação e que podem ser manipulados, desmontados e medidos, parece contribuir para um maior estímulo na realização do trabalho em comparação à modelagem a partir de imagens impressas e peças didáticas sem um contexto de aplicação bem definido.
- A articulação com aspectos relacionados ao processo de projeto é possível a partir da demonstração da utilização de algumas aplicações em componentes dos equipamentos modelados. Essas demonstrações são realizadas ao final da disciplina e objetivam contextualizar e exemplificar as aplicações possíveis a partir dos conteúdos teóricos trabalhados ao longo do semestre. Essa abordagem possibilita articular a representação gráfica com outras áreas de conhecimento no campo das engenharias, como é o caso da resistência dos materiais através da análise de resistência estática de peças utilizando o método dos elementos finitos.
- Essa articulação tem o potencial de, além de desenvolver a capacidade de raciocínio espacial, também desenvolver a capacidade de raciocínio projetual e a possibilidade de integração curricular. Tais aspectos são objeto de continuidade das pesquisas em desenvolvimento. De toda forma, no que se refere ao raciocínio projetual, verifica-se pelas demonstrações realizadas no final da disciplina, sua relação com aspectos de gestão de custos e gestão ambiental a partir de módulos específicos dentro dos softwares. Essas análises e simulações permitem a edição de geometrias e verificação em tempo real do impacto dessa edição nos aspectos mencionados acima.
- Ainda no que se refere ao vínculo com o processo de projeto, o estímulo ao uso de plataformas *online* e repositórios de modelos externos prontos, como GrabCad, McMaster-Carr, 3D ContentCentral, entre outros, possibilita uma importante contextualização dos conteúdos teóricos abordados. A utilização de modelos externos é estimulada em casos específicos. Nos casos apresentados, esse fato se deu com os motores elétricos em outros equipamentos modelados.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As experiências realizadas ao longo dos anos na disciplina de Expressão Gráfica têm apresentado resultados positivos e significativos no que se refere ao engajamento dos estudantes na elaboração dos projetos. As dificuldades encontradas se referem em sua grande parte à infraestrutura de laboratórios disponíveis para a ministração das aulas e realização dos trabalhos

Nesta direção, este artigo evidencia o potencial transformador das metodologias de aprendizagem ativa no ensino de representação gráfica nos cursos de engenharia. A adoção de estratégias como a aprendizagem baseada em projetos e o uso de softwares de modelagem paramétrica tridimensional permitiu não apenas uma maior aproximação com a

realidade profissional dos estudantes, mas também o fortalecimento de habilidades fundamentais, como o raciocínio espacial, a autonomia e a capacidade de resolução de problemas. Entretanto, para uma comprovação de caráter mais quantitativo, é necessária a implementação de métodos de análise mais específicos para medir, por exemplo, a capacidade de raciocínio espacial, através da aplicação de testes como o *Mental Cutting Test* (MCT), entre outros. Este aspecto é objeto de continuidade das pesquisas. Outras direções de pesquisa devem ser investigadas como, por exemplo, a possibilidade de integração com outras áreas de conhecimento na grade curricular do curso de engenharia de produção. Essa integração é possível a partir da utilização de recursos de análise e simulação disponíveis nas estruturas dos softwares de modelagem paramétrica tridimensional. Exemplos dessa integração são as possibilidades de análises de desempenho estático de peças e transferência de calor com o uso de elementos finitos, entre outros, a partir das próprias peças e equipamentos modelados pelos estudantes.

AGRADECIMENTOS

A elaboração deste trabalho só foi possível a partir do apoio do **Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq**, através da concessão de uma bolsa de pós-doutorado sênior.

REFERÊNCIAS

BALTES, C., **Patrick J. Hanratty: Pioneer in Commercial CAD/CAM Software Systems**, in IEEE Annals of the History of Computing, vol. 46, no. 4, pp. 50-57, Oct.-Dec. 2024, doi: 10.1109/MAHC.2024.3473389.

BARR, R. E. **Engineering Graphics Educational Outcomes for the Global Engineer: An Update**, Engineering Design Graphics Journal (EDGJ), Vol. 76, No. 3, pp. 8-12, Fall 2012.

BORGES, M. M. **O Uso de Modeladores Tridimensionais Paramétricos na Formação de Competências de Representação Gráfica e Raciocínio Espacial no Processo de Projeto**. Gestão & Tecnologia de Projetos, São Carlos, v. 11, n. 1, 2016. DOI: 10.11606/gtp.v11i1.99615. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/gestaodeprojetos/article/view/99615>.

CROSS, N., **Design Thinking, Understanding How Designers Think and Work**, second edition, Bloomsbury Visual Arts, Great Britain, 2023.

DE FRANÇA, C. A., KATO, E. R. R. **Metodologias Ativas Aplicadas nas Engenharias**, UFSCAR. UFSCar/CPOI, 2022.

DRESCH, L., ANTUNES J. **Design Science Research: Método de Pesquisa para Avanço da Ciência e Tecnologia**, Bookman, 2015.

FIALHO, A. B., **SolidWorks Premium 2012 – Teoria e Prática no Desenvolvimento de Produtos Industriais**, Editora Érica, 2012.

HARTIKAINEN, S., RINTALA, H., PYLVÄS, L., & NOKELAINEN, P. **The Concept of Active Learning and the Measurement of Learning Outcomes: A Review of Research in Engineering Higher Education**. *Education Sciences*, 2019.

HERNÁNDEZ-DE-MENÉNDEZ, M., VALLEJO GUEVARA, A., TUDÓN MARTÍNEZ, J. C., HERNÁNDEZ ALCÁNTARA, D., & MORALES-MENENDEZ, R. **Active learning in engineering**

education. A review of fundamentals, best practices and experiences. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM)*. doi:10.1007/s12008-019-00557-8, 2019.

ISORNA, J. M., **Aplicaciones Informáticas en Arquitectura**, Edicions UPC, 2000.

KOLBASIN, A., HUSU, O. **Computer-aided design and Computer-aided engineering**. International Science Conference SPbWOSCE-2017 "Business Technologies for Sustainable Urban Development", 2018.

LAWSON, B. **Como Arquitetos e Designers Pensam**, Oficina de Textos, 2011.

LEAKE, J. M., BORGERSON, J. L. **Engineering Design Graphics: Sketching, Modelling and Visualization**, New York: John Wiley & Sons, 2013.

WASSIM, J., **Parametric Design for Architecture**, Laurence King Publishing, 2013.

WEISBERG, D., **History of CAD**, e-book - Disponível em <https://www.shapr3d.com/blog/history-of-cad>, 2022.

PORTER, T., **The Architects Eye: Visualization and Depiction of Space in Architecture**. Chapman & Hall, London, 1997.

SCHÖN, D. A., **The Reflective Practitioner: How Professionals Think in Action**. Basic Books, 1983.

SHIH, R. H., SCHILLING, P. J., **Parametric Modeling with SolidWorks 2024**, SDC Publications, 2024.

STROUD, I., **Boundary Representation Modelling Techniques**, Springer, 2006.

TEDESCHI, A., **AAD – Algorithms - Aided Design. Parametric Strategies Using Grasshopper**, Le Penseur Publisher, 2014.

APPROACHES TO TEACHING AND LEARNING PROCESSES OF GRAPHIC REPRESENTATION THROUGH THREE-DIMENSIONAL PARAMETRIC MODELING.

Abstract: *This article reports on the evolution of active learning strategies adopted in a graphic expression course in production engineering and mechanical engineering programs at the Federal University of Juiz de Fora, using three-dimensional parametric modeling software. The methodological practices described and adopted in the course have been published and reported elsewhere. However, this work presents developments and updates on experiments conducted over recent years, combined with preliminary results obtained in one of the authors' postdoctoral research. A teaching and learning approach is described, based on modeling equipment available to students. Based on the models developed, a survey of the main modeling resources used was conducted, contributing to the identification of better teaching strategies and spatial reasoning patterns.*

Keywords: *active learning, 3D parametric modeling, graphical representation, design process.*

