

## II Feira de Ciências, Tecnologia e Inovação da UFSM-CS

# Tecnologia de fabricação digital na produção de materiais didáticos manipuláveis

Digital manufacturing technology for producing manipulable teaching materials

Júlio César Pinheiro Pires<sup>1</sup> , Aila Dalene Bredow<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Universidade Federal de Santa Maria, Cachoeira do Sul, RS, Brasil

## RESUMO

Este artigo apresenta o processo de desenvolvimento de uma série de Materiais Didáticos Manipuláveis - MDM fabricados a partir de sobras de insumos de fabricação digital. Aponta também os benefícios provenientes da utilização de tais materiais em salas de aula de escolas públicas de ensino fundamental. A metodologia utilizada previu a criação de um grupo de trabalho envolvendo professores de escolas de ensino fundamental, pesquisadores de uma universidade e um aluno de um curso de graduação em Arquitetura e Urbanismo. A demanda dos materiais foi organizada pelos professores das escolas, enquanto o grupo de pesquisadores, com apoio do discente, foi responsável pela elaboração dos projetos e execução dos materiais didáticos através de processo de fabricação digital. Como resultados, foram criados diversos materiais didáticos manipuláveis e estes foram empregados nas aulas dos professores. Percebeu-se uma melhora no processo de ensino e aprendizagem pelos alunos a partir da utilização dos MDM produzidos, além da identificação de possíveis melhorias no processo de produção do material didático.

**Palavras-chave:** Materiais didáticos manipuláveis; Fabricação digital; Processo sustentável

## ABSTRACT

This paper presents the development process of a set of Manipulable Learning Materials - MLM made from digital manufacturing leftover materials. It also shows the benefits of the use of such materials in public elementary school classrooms. The methodology adopted included the creation of a working group involving teachers from elementary schools, researchers from a university, and a student from an undergraduate course in Architecture and Urban Planning. The demand for materials was organized by school teachers, while the group of researchers, with student support, was responsible for preparing the design and manufacturing of the MLM through a digital manufacturing process. As a result, several

MLM were created and used in the classroom. There were improvements in the learning process through the employment of the MLM produced, and possible improvements to MLM were identified.

**Keywords:** Manipulable learning materials; Digital manufacturing; Sustainable process

## 1 INTRODUÇÃO

O ensino, através de meios tradicionais, vem sendo constantemente transformado ao longo do tempo. A utilização de materiais didáticos em sala de aula pode propiciar uma aprendizagem mais significativa, possibilitando melhores percepções acerca dos conteúdos abordados.

Segundo Silva e Costa (2016), a utilização de materiais didáticos manipuláveis em aulas de matemática possibilita a realização de atividades dinâmicas, motivadoras e concretas, melhorando a compreensão de conceitos geométricos. As autoras observam que o uso desses materiais é uma alternativa eficaz na aprendizagem de crianças em séries iniciais.

A utilização de materiais didáticos em sala de aula, na formulação de conjecturas, sob a orientação do professor, pode propiciar aos estudantes a valorização não apenas das respostas, mas também do processo (Silva; Costa, 2016). Essa percepção é vai de encontro à de Scolaro (2023), que afirma em seu estudo sobre materiais didáticos manipuláveis no ensino de matemática, que se houver vontade e atitude do docente em introduzir MDM em processos de aprendizagem, este pode contribuir significativamente para tornar a matemática mais atraente.

Para Rodrigues e Gazire (2012), os materiais didáticos manipuláveis intervêm fortemente na aprendizagem, desde que utilizados considerando um método pedagógico, onde o professor atua como mediador na construção do conhecimento, orientando ações reflexivas por parte dos alunos. Assim a eficiência dos materiais está atrelada à forma como o docente os usa nas atividades experimentais, principalmente na área da matemática.

Diversas técnicas de ensino onde se empregam materiais didáticos geram benefícios diretos. Porém, entende-se que o processo de produção desse tipo de material pode aumentar os benefícios, pois é possível elaborar, fabricar, testar e otimizar os materiais produzidos, além de produzi-los utilizando sobras de materiais, contribuindo assim com o meio ambiente. Esse processo gera conhecimento e auxilia na melhoria constante, bem como no uso mais adequado e proveitoso dos materiais.

Uma das técnicas que permite a confecção de materiais didáticos manipuláveis usando como matéria prima rejeitos e sobras de MDF é a fabricação digital. A fabricação digital de artefatos prevê o mínimo de interferência humana, onde normalmente após a concepção do projeto do produto, a fabricação é feita com auxílio e por intermédio de ferramenta computacional e utilização de equipamentos “governados” por softwares.

Segundo Oliveira e Sakurai (2017), ainda não é possível atingir a independência do fator humano na fabricação digital, entretanto os locais onde se realizam produção sistematizada por intermédio de processos digitais (*FabLabs*), podem ser locais de trocas ricas de conhecimentos, com geração de inovação e criação de parcerias, viabilizando e fomentando pequenos negócios.

Nesse contexto, foi criado um grupo constituído por professores de anos iniciais do ensino fundamental de duas escolas públicas da cidade de Cachoeira do Sul, uma aluno de graduação e pesquisadores da Universidade Federal de Santa Maria, campus Cachoeira do Sul, com objetivo de desenvolver um projeto onde pudessem ser abordadas técnicas de desenho, modelagem e fabricação digital com insumos específicos na produção de MDM.

## **2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

A produção através de fabricação digital, por processo aditivo (com adição de material, por exemplo impressão 3D) ou subtrativo (com subtração de material, por exemplo corte laser), profere uma experiência aos discentes envolvidos no processo,

onde serão abordadas diversas técnicas de produção, desde o projeto inicial até a efetiva fabricação e realização de testes.

Este processo inclui elaboração de estudos preliminares a respeito de materiais existentes, similares aos pretendidos, posterior criação de desenhos e modelos tridimensionais em ferramenta computacional, ajustes e testes virtuais. Após esta etapa são criados protótipos funcionais que poderão ser testados em sala de aula.

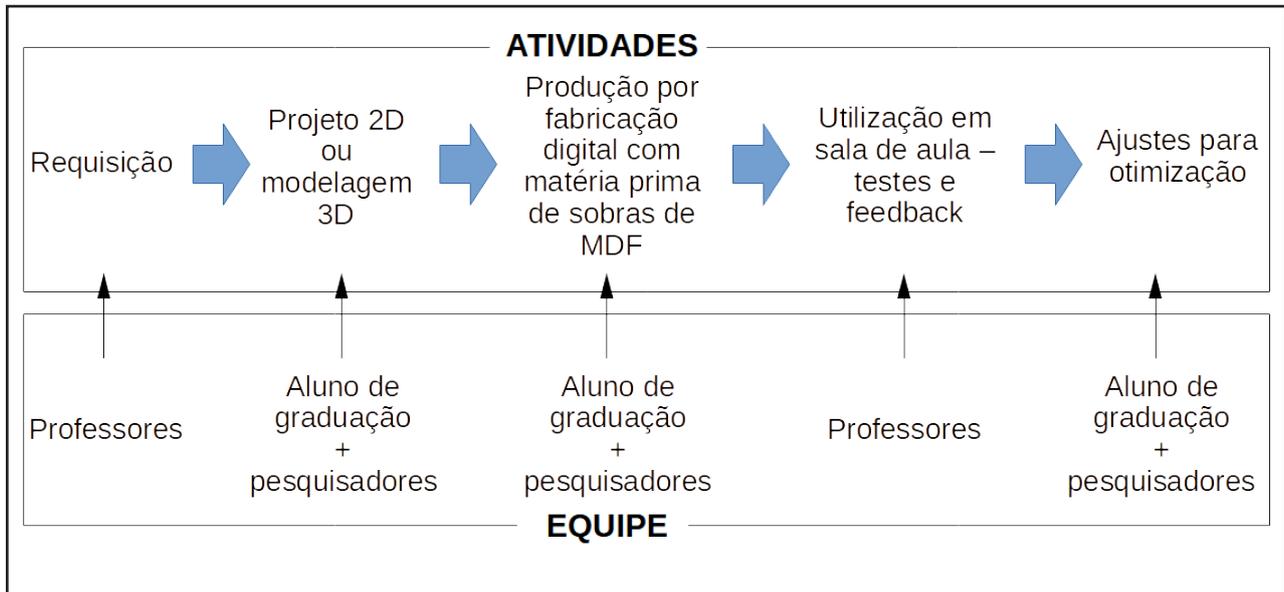
Os protótipos funcionais dos MDM foram projetados a partir de referências de produtos existentes e descrição dos professores das escolas, e desenhados com auxílio do software AutoCAD. Os desenhos técnicos então foram exportados para o software AutoLaser, onde são ajustadas escalas e configurações de corte e gravação a laser. Este software gera um arquivo que é enviado, via wi-fi, à máquina de corte e gravação a laser. Nesta máquina são inseridas as chapas de MDF 3mm para realização do corte e/ou gravação. Após o corte e/ou gravação, retira-se as peças cortadas e/ou gravadas do equipamento e, se for o caso de materiais produzidos em partes separadas, executa-se a montagem do material didático.

Dependendo dos resultados alcançados, os modelos podem sofrer ajustes e correções para posteriormente serem produzidos em uma escala maior, para sua utilização final.

Os materiais didáticos produzidos são físicos, sólidos e manipuláveis. Esses materiais foram utilizados por professores em aulas específicas para adquirir informações relativas ao potencial benefício pedagógico que os mesmos poderiam gerar.

O viés sustentável do projeto está relacionado aos materiais empregados, uma vez que todos os MDM foram produzidos em MDF de 3mm a partir de sobras de outros projetos realizados no mesmo laboratório. Esses insumos teriam como destino o descarte, porém serviram de matéria prima, passando por um novo ciclo de vida. A figura 1 apresenta o fluxo de trabalho para realização das atividades pelas equipes.

Figura 1 – Fluxo do trabalho



Fonte: Autores (2023)

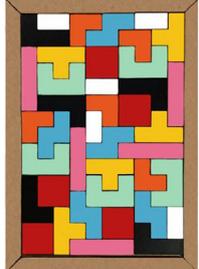
A solicitação dos materiais ficou a cargo dos professores das escolas, pois eles irão aplicar os materiais em suas aulas. Foi elaborada uma planilha onde as solicitações foram reunidas. Todos os integrantes do grupo tiveram acesso à planilha. O quadro 1 apresenta o modelo da planilha e alguns dos materiais já elencados.

Uma vez o material e suas características definidos (apresentados no quadro 1), iniciaram as próximas etapas de projeto e de execução. O projeto foi realizado através de técnicas de desenho 2D ou modelagem tridimensional.

Após o desenho técnico do material, foi possível criar o caminho até a produção. O desenho realizado no software AutoCAD, versão educacional, foi exportado em formato DXF, o qual é aceito pelo software da cortadora laser.

Já no AutoLaser, o desenho foi preparado com os parâmetros adequados para o corte ou a gravação a laser. Foram utilizados dois tipos de MDF: um com as duas faces cruas, sem revestimento adicional, e outro com revestimento branco em uma das faces.

Quadro 1 – Modelo da planilha compartilhada utilizada no projeto

MATERIAIS PARA PRODUÇÃO - FASE 1					
Nome do material	Descrição material	Descrição uso	Quantidade	Tem Projeto	Foi Fabricado
Moedas de MDF	Moedas de R\$ 1, R\$ 0,50, R\$ 0,25, R\$ 0,10, R\$ 0,05 	Reconhecer e relacionar valores de moedas e cédulas do Sistema monetário brasileiro para resolver situações simples do cotidiano.	10 de cada	sim	Sim, 1 conjunto
Relógio de MDF	Relógio analógico redondo de aprox. 30cm de diâmetro. 	Reconhecer os sinais do tempo no dia a dia. Explorar diferentes funções dos relógios. Explorar a relação entre hora e minuto.	2	sim	Sim, 2 unidade
Mapa político do Brasil MDF	Quebra-cabeça do mapa político do Brasil. Cada peça corresponde a um estado. Tamanho 1 folha de ofício. 	Conhecer as dimensões do Brasil quanto ao tamanho do território; Localizar os Estados brasileiros; Compreender a divisão das Regiões do Brasil.	4	sim	Sim, 2 unidade
Tetris em MDF	Brinquedo pedagógico Tetris (peças diversas para encaixe). Tamanho 1 folha de ofício. 	O Tetris exercita a memória visual; desenvolve a capacidade de criar estratégias para resolução de problemas; estimula o raciocínio lógico e a criatividade.	4	sim	Sim, 4 unidades

Fonte: Organização dos autores

O MDF com revestimento se apresentou adequado para as peças que precisavam de gravação, pois na gravação o laser retirou uma parte do revestimento, ficando a peça com contraste na área gravada. A figura 2 mostra o equipamento de corte e gravação a laser com material cortado (chapa MDF cru 60x40cm, espessura 3mm).

Figura 2 – Cortadora laser com material já cortado



Fonte: Autores (2023)

Além da gravação, utilizou-se pintura a mão, com pincel comum e tinta não tóxica para algumas peças, de acordo com as necessidades identificadas pelos professores.

O passo seguinte foi entregar os materiais produzidos para os professores utilizarem em uma fase inicial de teste. Para isso foi produzido apenas um modelo de cada MDM elencado na planilha, com exceção das Moedas de MDF.

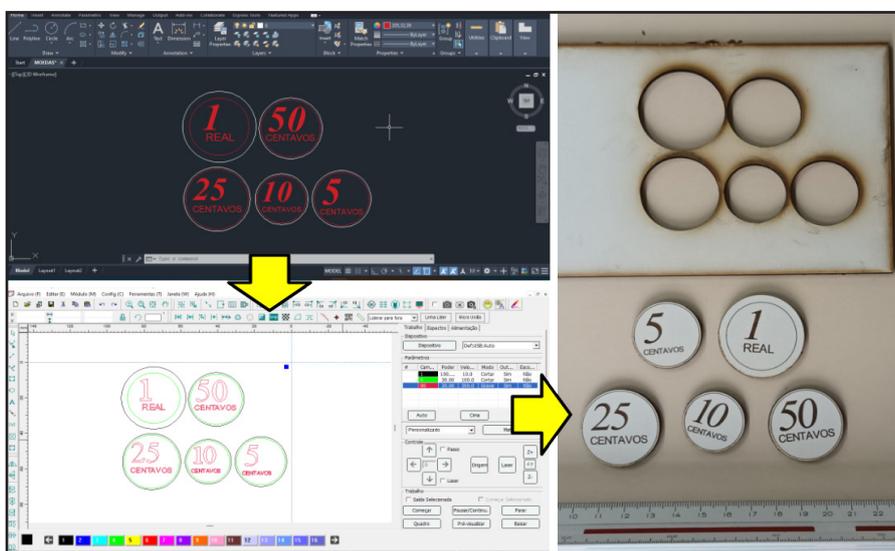
A adequação dos materiais produzidos foi testada com auxílio de um questionário respondido pelos professores, onde são identificadas métricas de avaliação da qualidade (método qualitativo) e eficácia da aula sem utilização de nenhum MDM e com utilização daqueles produzidos conforme aqui descrito. O questionário será apresentado nos resultados deste artigo.

### 3 RESULTADOS PRELIMINARES DE PRODUÇÃO E SUA APLICAÇÃO

Foi definida uma etapa preliminar de testes onde se produziu apenas uma unidade de cada MDM solicitado. A seguir serão apresentados os materiais e uma amostra de sua aplicação em sala de aula.

O primeiro material solicitado e produzido foi um conjunto de Moedas de MDF. O projeto consistiu em desenhar, de maneira simplificada, algumas moedas de valores R\$ 1,00; 0,50; 0,25; 0,10 e 0,05. Após o projeto, as moedas foram fabricadas. A figura 3 mostra as etapas desde a elaboração do desenho das moedas até o produto pronto. Durante o processo de corte e gravação, o equipamento gravou os números e palavras com laser ajustado para potência de gravação, que não atravessa o material. Logo após, no mesmo processo sem interrupção, foram cortadas em formato circular, finalizando assim a fabricação das moedas.

Figura 3 – Produção das Moedas em MDF



Fonte: Autores (2023)

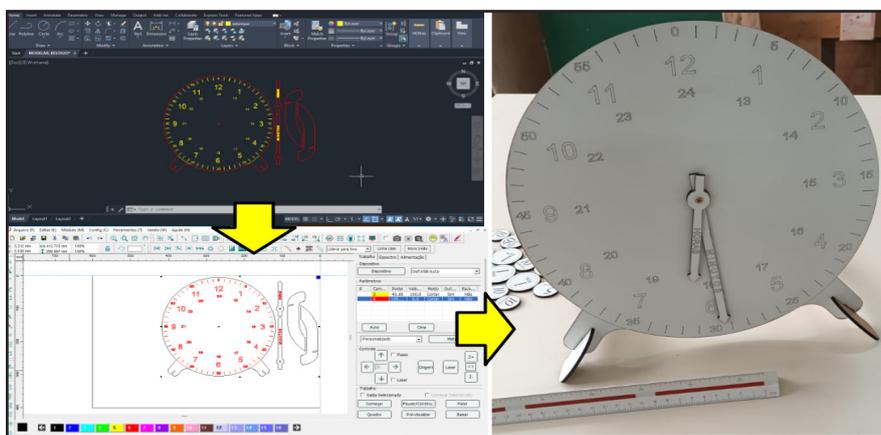
A produção desse material passou por 2 softwares: AutoCAD versão educacional e AutoLaser. Foram produzidas 6 unidades para cada valor de moeda, totalizando 30 moedas.

Esse material foi entregue para uma das professoras do grupo de trabalho. O material foi utilizado em uma aula de matemática para uma turma do segundo ano do ensino fundamental. O objetivo, segundo a professora, foi: “Reconhecer e relacionar valores de moedas e cédulas do sistema monetário brasileiro para resolver situações simples do cotidiano”.

O segundo MDM produzido foi um relógio de MDF. Segundo a demanda, a professora solicitante relatou que o material servirá para “Reconhecer os sinais do tempo no dia a dia; explorar diferentes funções dos relógios; explorar a relação entre hora e minuto”.

A partir das informações e dimensões do produto elencadas na planilha compartilhada, deu-se início ao desenho do relógio. Após, o mesmo foi exportado para o software AutoLaser, da cortadora. O corte foi executado e o produto foi montado, conforme mostrado na figura 4.

Figura 4 – Produção do relógio em MDF



Fonte: Autores (2023)

A produção do relógio, assim como as moedas, passou pelos 2 softwares já citados. Para esse MDM foi produzido apenas uma unidade.

O modelo do relógio conta com partes móveis (ponteiros) montadas com auxílio de um parafuso com porca do tipo borboleta. Também foi projetado um suporte com

sistema de encaixe para o relógio ficar fixo na posição quase vertical. Esta parte do suporte também foi cortada e foi executada como as demais partes do relógio. A figura 5 mostra o MDM sendo utilizado em uma aula de uma das professoras do grupo.

Figura 5 – Uso do relógio em sala de aula, em atividade prática pedagógica



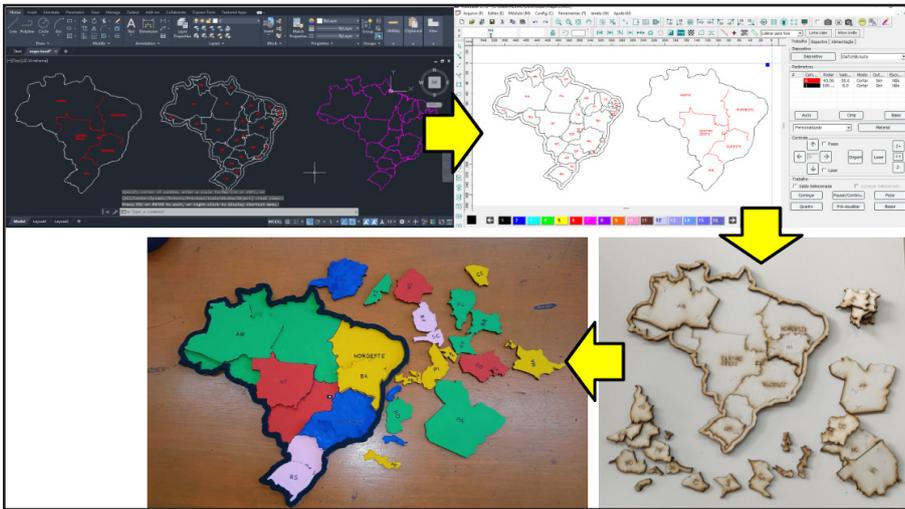
Fonte: Autores (2023)

O terceiro MDM produzido foi o mapa político do Brasil em formato de quebra cabeça. O projeto desse material foi elaborado a partir da obtenção de um desenho no formato DWG (nativo do AutoCAD) do mapa do Brasil. O desenho foi obtido em um repositório que disponibilizou de forma gratuita o arquivo.

O desenho do MDM foi criado seguindo as descrições da planilha compartilhada. Foram separados os estados e as regiões do Brasil, além de considerar um espaço externo no perímetro do mapa configurando uma borda para criação da base do quebra cabeça.

Após o corte, o material foi pintado a mão, com pincel comum e tinta não tóxica, com cores correspondentes nas regiões e nos estados pertencentes a cada região, conforme especificado pela professora que solicitou o material didático. A figura 6 mostra o processo de criação do MDM. O mapa foi finalizado e entregue para a professora realizar atividade didática em sala de aula.

Figura 6 – Produção do mapa político do Brasil

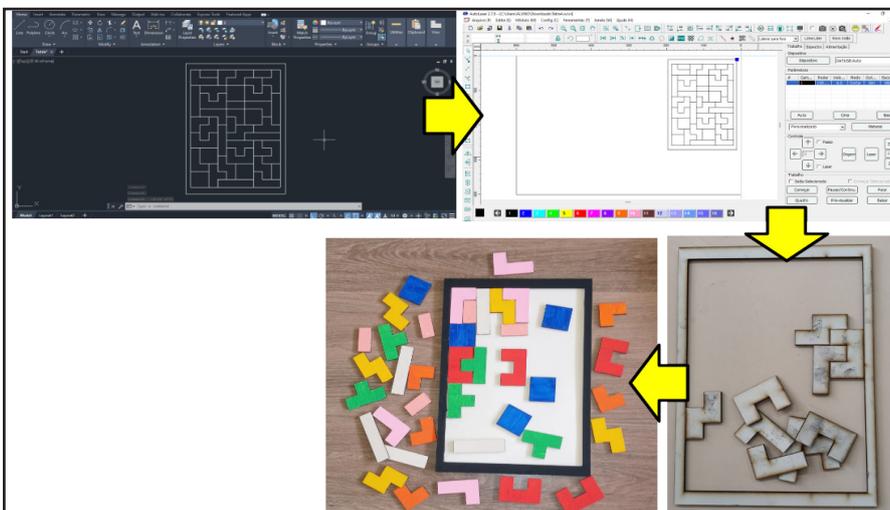


Fonte: Autores (2023)

O último MDM produzido foi o jogo tetris em MDF, também inserido na planilha compartilhada entre o grupo de trabalho. Segundo a professora que o solicitou, esse jogo “exercita a memória visual; desenvolve a capacidade de criar estratégias para resolução de problemas; estimula o raciocínio lógico e a criatividade”.

A figura 7 mostra o processo de criação do MDM, o qual foi desenvolvido de forma similar aos demais materiais.

Figura 7: Produção do jogo tetris



Fonte: Autores (2023)

O jogo tetris, assim como os demais materiais produzidos, teve sua utilização testada por uma das professoras em sala de aula.

A utilização, a partir de premissas didáticas específicas para aulas com esse material, foi feita, conforme figura 8.

Figura 8 – Uso do tetris em sala de aula, em atividade prática pedagógica



Fonte: Autores (2023)

Todos os materiais da primeira etapa foram produzidos e utilizados na condição de teste. O objetivo desta etapa foi verificar os aspectos positivos, negativos ou neutros, bem como a eficácia da utilização de um MDM comparando aulas com e sem o uso.

As informações qualitativas acerca dos resultados puderam ser compreendidas pela aplicação de um questionário com os professores das escolas públicas participantes do projeto, que solicitaram o material preenchendo a planilha compartilhada e que receberam os MDM para aplicação em sala de aula.

O quadro 2 apresenta os resultados da aplicação do questionário com 4 docentes que utilizaram em turmas com média de 13 estudantes do terceiro, quarto e quinto anos do ensino fundamental.

Quadro 2 – Respostas do questionário com os professores

O material produzido foi utilizado em sala de aula utilizando metodologia específica para sua aplicação?	Sim ( 4 ) Não ( 0 )	
Em que medida a utilização do material produzido influenciou positivamente na atenção e engajamento dos alunos?	Nada ( ) pouco ( )	médio ( ) muito ( 4 )
Os alunos conseguiram atingir os objetivos a eles propostos durante a realização de atividades com os MDM?	Não ( ) pouco ( 1 )	médio ( 1 ) pleno ( 2 )
A aula com utilização dos MDM foi mais produtiva do que sem os materiais?	Sim ( 4 ) Não ( 0 )	
Em que medida a aula com utilização dos MDM foi mais produtiva do que aquela sem nenhum MDM?	Nada ( ) pouco ( )	médio ( ) muito ( 4 )
O tamanho, a cor, a textura e demais aspectos físicos do MDM estavam de acordo com o esperado/solicitado?	Nada ( ) pouco ( )	médio ( 1 ) muito ( 3 )
Qual a satisfação percebida dos alunos ao utilizarem os MDM?	Nada ( ) pouco ( )	médio ( 1 ) muito ( 3 )
Qual a sua satisfação ao utilizar os MDM?	Nada ( ) pouco ( )	médio ( ) muito ( 4 )

Fonte: Organização dos autores

A partir do preenchimento do questionário proposto foi possível realizar análises relativas à utilização dos materiais produzidos.

#### 4 ANÁLISE DOS RESULTADOS PRELIMINARES

Esta análise foi dividida em duas etapas: produção dos MDM e aplicação dos MDM.

Em relação à produção dos materiais didáticos manipuláveis propostos neste trabalho, percebe-se que, mesmo produzidos a partir de sobras de materiais de outras pesquisas e atividades, os produtos alcançaram uma qualidade que permitiu seu uso.

O fato de a matéria prima utilizada na produção ser um rejeito que, em outra perspectiva, seria descartado, conduz o método de fabricação digital adotado para um viés ecologicamente amigável, pois além de evitar descartes de materiais, reduz a pegada ecológica do projeto e fomenta o ensino em escolas públicas que carecem de materiais didáticos manipuláveis.

Já na análise relacionada com a aplicação dos MDM, os dados obtidos no questionário aplicado demonstram que 75% dos professores que utilizaram os materiais na forma de teste entenderam que as características físicas dos MDM estavam muito de acordo com o esperado e 25% respondeu que estava medianamente de acordo com o esperado.

Também em relação a percepção da satisfação dos alunos ao interagirem com os MDM nas aulas, verifica-se que 75% ficou muito satisfeito e 25% ficou medianamente satisfeito, ao passo que a satisfação dos professores foi de 100%.

Em relação aos objetivos propostos pelos professores durante a utilização dos materiais, metade dos professores entende que os alunos atingiram plenamente os objetivos.

Os dados obtidos na aplicação do questionário apontam para um resultado geral positivo. Percebe-se que alguns aspectos devem ser reconsiderados e uma pesquisa mais aprofundada pode ser conduzida para entender as possíveis melhorias que podem ser implementadas no processo.

## **5 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Diante dos desafios enfrentados pelas escolas públicas no que diz respeito à carência de materiais didáticos manipuláveis, o projeto descrito se revela como uma solução promissora e essencial. A colaboração direta dos professores na criação desses recursos não apenas fortalece o seu engajamento, mas também garante que os materiais desenvolvidos estejam alinhados com as necessidades reais da sala de aula.

A utilização eficaz desses recursos em sala de aula, conforme observado no feedback dos professores, demonstra não apenas a viabilidade, mas também a eficácia dessa abordagem. Os resultados obtidos até o momento corroboram a importância desses materiais na aprendizagem, conforme destacado por Rodrigues e Gazire (2012).

Estes recursos tangíveis e manipuláveis proporcionam um ambiente de aprendizado mais dinâmico e participativo, estimulando a compreensão e retenção do conteúdo.

No entanto, é importante ressaltar que as etapas de produção e análise ainda são preliminares, e a pesquisa continua em andamento. Com o intuito de ampliar o alcance e benefício dessa metodologia, planeja-se não apenas a produção de novos materiais, mas também a sua validação e posterior disseminação em outras comunidades escolares.

Assim, o projeto não apenas atende às necessidades locais, mas também traz consigo um potencial de impacto positivo mais amplo, promovendo o acesso a recursos educacionais de qualidade em contextos onde a escassez é uma realidade persistente. A iniciativa apresentada aqui representa um passo significativo em direção à melhoria da educação pública e serve como exemplo inspirador para outras comunidades enfrentando desafios semelhantes

## REFERÊNCIAS

OLIVEIRA, A. A. A.; SAKURAI, T. Fabricação digital e DIY: Pesquisa de soluções para a criação de um mobiliário nômade. *In: XXI Congresso de la Sociedad Ibero-americana de Gráfica Digital, 2017, Chile. Anais SIGRADI, 2017. p. 22 – 24.*

RODRIGUES, F. C.; GAZIRE, E. S. Reflexões sobre uso de material didático manipulável no ensino de matemática: da ação experimental à reflexão. **REVEMAT: Revista Eletrônica de Matemática**, v. 7, n. 2, p. 187-196, 2012.

SCOLARO, M. A. O uso dos Materiais Didáticos Manipuláveis como recurso pedagógico nas aulas de Matemática. **Secretaria da Educação - PR**. Disponível em <http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/1666-8.pdf>. Acesso em: 16 ago. 2023.

SILVA, V. F. S.; COSTA, M. L. C. A geometria nas séries iniciais: explorando materiais didáticos manipuláveis. *In: Encontro Nacional de Educação Matemática, 2016, São Paulo-SP. Anais do XII ENEM, 2016. p. 1-10.*

## **Contribuição de Autoria**

### **1 – Júlio César Pinheiro Pires**

Doutor em Design, Arquiteto e Urbanista, professor da UFSM campus Cachoeira do Sul  
<https://orcid.org/0000-0002-4884-0127-julio.pires@ufsm.br>

Contribuição: Conceituação, Escrita – revisão e edição

### **2 – Aila Dalene Bredow**

Estudante de Arquitetura e Urbanismo da UFSM campus Cachoeira do Sul  
[https://orcid.org/0009-0008-1132-2212 - ailabredow@outlook.com](https://orcid.org/0009-0008-1132-2212-ailabredow@outlook.com)

Contribuição: Conceituação, Escrita – revisão e edição

## **Como citar este artigo**

PIRES, J. C. P.; BREDOW, A. D. Tecnologia de fabricação digital na produção de materiais didáticos manipuláveis. *Ciência e Natura*, Santa Maria, 46, spe.3, e86936, 2024. DOI: <https://doi.org/10.5902/2179460X86936>