

PROPOSTA E APLICAÇÃO DE UM MÉTODO PARA SELEÇÃO DE SOFTWARES DE GERAÇÃO DE PADRÕES E PLANOS DE CORTE EM MICRO E PEQUENAS EMPRESAS MOVELEIRAS¹

Nádyá Zanin Muzulon^a, Gislaíne Camila Lapasini Leal^a, Rafael Henrique Palma Lima^{b*}

^aPrograma de Pós-Graduação em Engenharia de Produção
Universidade Estadual de Maringá, Maringá-PR, Brasil

^bDepartamento de Engenharia de Produção
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina-PR, Brasil

Recebido 27/05/2023, aceito 29/08/2024

RESUMO

Na indústria moveleira, o corte de chapas de materiais como madeira ou painel de fibras de madeira de média densidade, do inglês (*medium density fiberboard*) (MDF), é uma etapa crucial com impacto significativo nos custos do produto final. Micro e pequenas empresas (MPEs) nesse setor têm dificuldade em adotar softwares ou modelos de otimização para a geração de padrões e planos de corte. Além disso, a literatura científica não discute as particularidades das MPEs com relação à adoção de softwares de otimização de problemas de corte. Nesse contexto, o objetivo deste trabalho é propor um método baseado em técnicas multi-critério para direcionar o processo de seleção de softwares de corte em MPEs moveleiras. Uma busca foi realizada para identificar as principais ferramentas existentes e suas principais funcionalidades. Após isso, o método foi aplicado em uma empresa real, possibilitando a identificação de quais alternativas de software são mais adequadas às suas necessidades.

Palavras-chave: Problema de corte de estoque, Indústria moveleira, Seleção de softwares, Tomada de decisão multi-critério.

ABSTRACT

In the furniture industry, cutting sheets of materials such as wood or medium density fiberboard (MDF) is a crucial step with significant impact on the costs of the final product. Micro and small enterprises (MSEs) in this sector struggle to adopt software or optimization models for generating cutting patterns and plans. Furthermore, the scientific literature does not discuss the peculiarities of MSEs regarding the adoption of optimization software for cutting problems. In this context, the aim of this work is to propose a method based on multicriteria techniques to guide the process of selecting cutting software in MSEs in the furniture industry. A search was conducted to identify the main existing tools and their main functionalities. After that, the method was applied in a real company, enabling the identification of which software alternatives are most suitable for their needs.

Keywords: Cutting stock problem, Furniture industry, Software selection, Multicriteria decision making.

* Autor para correspondência. E-mail: rafaelhlima@utfpr.edu.br
DOI: <https://doi.org/10.4322/PODes.2024.007>

1. Introdução

Com a chegada da quarta revolução industrial e a necessidade de transformação digital, diversas empresas têm se voltado à adoção de novas tecnologias de informação para se manterem competitivas. Contudo, diversos autores têm alertado para as dificuldades de micro e pequenas empresas (MPEs) em adotar tais tecnologias, em especial devido à falta de infraestrutura e conhecimentos especializados (Grooss, 2024; Grooss et al., 2022; Moeuf et al., 2018).

Na indústria moveleira no Brasil, o estudo conduzido por Petter et al. (2013) mostra que as MPEs do setor têm buscado inovações em seus produtos, porém têm grande dificuldade em incorporar novas tecnologias em seus processos produtivos, o que pode prejudicar a competitividade dessas empresas no longo prazo.

No corte de chapas em indústrias de móveis, ocorre o corte bidimensional, em que um retângulo maior deve ser cortado em retângulos menores de diferentes dimensões, para a posterior montagem o móvel. Itens mobiliários como mesas, cadeiras, armários de cozinha, estantes, guarda-roupas, entre outros, são produzidos a partir das montagens de diferentes itens menores, provenientes do corte de objetos maiores (Morabito e Arenales, 2000). A forma geométrica como os itens menores são dispostos no objeto maior, origina o denominado padrão de corte. Os autores Wäscher et al. (2007) e Ledur e Chiwiacowsky (2024) ainda destacam que todos os itens pequenos devem estar inteiramente dentro da geometria do objeto maior e não devem se sobrepor.

De acordo com Melega et al. (2018), a importância operacional e econômica relacionada ao problema de corte de estoque, a dificuldade em resolvê-lo e a necessidade de desenvolver métodos de soluções mais eficientes, têm motivado diversas pesquisas sobre o tema. Na literatura acadêmica, diversas abordagens têm sido propostas para solucionar este problema, tais como modelos de programação linear inteira (Guimarães e Poldi, 2023) solucionados usando geração de colunas (Lemos et al., 2023; Santos e Nepomuceno, 2022) e o uso de programação multi-objetivo (Sanan e Azizoğlu, 2023). Há também pesquisadores que propõem meta-heurísticas (Nascimento et al., 2023), modelos de programação estocástica (Cherri et al., 2023) e até mesmo a aplicação de técnicas multicritério de apoio à decisão para selecionar padrões de corte (Campello e Ghidini, 2022).

Mais especificamente no setor moveleiro, vários pesquisadores têm se dedicado ao estudo problemas de corte e proposto modelos matemáticos e métodos de resolução de tais modelos (Vanzela et al., 2013; Tang et al., 2021; Moengin et al., 2019; Toscano et al., 2017; Oliveira et al., 2016; Silva et al., 2014).

Apesar da diversidade de abordagens e propostas de modelos de otimização, ainda há uma lacuna com relação à adoção de tais desenvolvimentos em empresas de pequeno porte. Conforme explicam Lunardi et al. (2010) e Grooss (2024), as MPEs se sentem pressionadas a adotar tecnologias de informação para melhorar seus processos devido às pressões externas originadas pela alta competitividade. Apesar disso, tais empresas enfrentam dificuldades na adoção dessas tecnologias, tanto do ponto de vista técnico como do volume de investimentos necessários. Por fim, os autores argumentam que ainda há poucos trabalhos que pesquisam MPEs e seu relacionamento com tecnologia da informação, sendo essa uma importante lacuna de pesquisa.

Com o intuito de preencher essa lacuna, este trabalho tem como objetivo propor um método para direcionar MPEs do setor moveleiro na escolha de softwares adequados às suas necessidades de corte de estoque. Para isso, foi feito um levantamento das principais ferramentas de software existentes no mercado e definidos critérios para avaliá-las. A avaliação da adequação das ferramentas é feita com o auxílio do método de tomada de decisão multicritério SMARTS e SMARTER proposto por Edwards e Barron (1994).

O restante deste artigo está organizado da seguinte forma. A Seção 2 apresenta um breve referencial teórico sobre o problema de corte de estoque na indústria moveleira. A Seção 3 descreve as etapas do método de pesquisa e a Seção 4 apresenta a relação de ferramentas de software identificadas nesta pesquisa. A Seção 5 relata a aplicação do método proposto e os

resultados obtidos. Por fim, a Seção 6 conclui o trabalho e apresenta direcionamentos para pesquisas futuras.

2. Referencial Teórico

2.1. Adoção de Softwares em MPEs

A importância das MPEs para a economia dos países é amplamente discutida na literatura, sendo essas empresas responsáveis pela geração de empregos e riqueza (Nguyen et al., 2015). Para melhorar a competitividade dessas empresas, investimentos têm sido feitos na adoção de Tecnologias de Informação (TI), uma vez que há correlação entre a adoção de TI e ganhos em produtividade, melhorias no controle de estoque, menores tempos de entrega, melhoria da comunicação interna e externa, entre outros (Kannabiran e Dharmalingam, 2012).

Apesar da importância da TI e do recente aumento em sua adoção, há indícios de que as MPEs ainda têm taxas menores de adoção de tecnologias que empresas de grande porte. Por exemplo, a pesquisa realizada por Lunardi et al. (2017) mostrou que 38,3% das indústrias pesquisadas de pequeno porte sequer possuem computadores. Os autores também descobriram que pequenas empresas que possuem TI têm melhor desempenho em atividades como gestão de suprimentos, qualidade e planejamento, o que demonstra a importância em incentivar a adoção dessas soluções no desempenho das MPEs.

O setor moveleiro tem passado por um momento desafiador após a pandemia do COVID-19, com retração de 6,8% no faturamento e redução de 9,2% na produção de móveis no ano de 2022, apesar do aumento de 7,6% no número de empresas (ABIMÓVEL, 2023). Isso é ainda mais relevante se considerarmos que 78% dos móveis nacionais são produzidos em pequenas empresas, as quais estão com os menores graus de confiança na economia (Schmidt, 2023). Tal cenário demanda maior eficiência operacional das empresas, porém o setor moveleiro possui grandes dificuldades na adoção de novas tecnologias, seja por resistência da mão de obra, falta de conhecimento, custos elevados, entre outras causas. De acordo com Méxas et al. (2011), a baixa taxa de adoção de TI pelas empresas e a dificuldade na seleção de softwares comerciais estão relacionadas a cinco fatores:

1. Grande número de ferramentas de software disponíveis no mercado;
2. Avanços e melhorias contínuas na tecnologia da informação;
3. Existência de incompatibilidades entre vários sistemas de hardware e software;
4. As não-similaridades funcionais são difíceis de avaliar entre pacotes de softwares;
5. Falta de conhecimento técnico e experiência dos usuários para a tomada de decisão de seleção de software.

Embora exista uma vasta oferta de ferramentas de software para o segmento moveleiro, a adoção de novas tecnologias nas organizações ainda é um grande desafio (Petter et al., 2013). Além disso, Petter et al. (2013) explicam que empresas do setor moveleiro enfrentam dificuldades em implantar novas tecnologias devido à falta de mão de obra qualificada, além dos desafios em obter os recursos financeiros para tais investimentos.

2.2. Processo de Seleção de Softwares

Na literatura é possível encontrar diversos métodos para seleção de softwares. O trabalho conduzido por Méxas et al. (2011) identificou 33 estudos que fornecem métodos para seleção de software. Entre os estudos selecionados, cerca de 60% focam na seleção de softwares de gestão empresarial ERP (*Enterprise Resource Planning*) e 25% relatam a seleção de sistemas de

manufatura e produção. Segundo os autores, a técnica multicritério AHP (*Analytic Hierarchy Process*) e suas variantes são usada em 60% das pesquisas sobre o tema.

O levantamento realizado por Miguel et al. (2014) identificou diversas metodologias usadas no processo de aquisição e avaliação da qualidade de softwares, destacando-se o modelo de Boehm, o modelo de Dromey, o modelo FURPS (do inglês, *Functionality, Usability, Reliability, Performance and Supportability*) e o modelo da série de normas ISO 25000. Tais modelos propõem etapas e critérios que devem ser usados ao longo do processo de aquisição de produtos de software.

Em 2014 a ISO (*International Organization for Standardization*) publicou as normas da série ISO/IEC 25000 intitulada "Requisitos e Avaliação de Qualidade de Sistemas e Software", que têm como objetivo estruturar um processo para seleção e avaliação da qualidade de produtos de software. De acordo com esses órgãos, as características de um software devem satisfazer necessidades implícitas e explícitas dos clientes, mantendo os requisitos mínimos de disponibilidades, integridade e confidencialidade (ISO 25000, 2014).

De acordo com Bertuol (2014), para que as empresas possam selecionar um produto de software segundo a norma ISO 25000, é necessário passar por três etapas: planejamento, preparação para aquisição e aquisição do software.

A etapa de planejamento consiste em definir os responsáveis por todo o processo de aquisição do software, assim como analisar as perspectivas da empresa para isso, a curto, médio e longo prazo. Antes de tomar qualquer decisão em relação à aquisição de um software, é necessário um bom planejamento para maximizar as chances de sucesso nas duas próximas etapas.

Em seguida, a etapa de preparação para aquisição define critérios de avaliação dos produtos de software, os quais podem ser subdivididos em três categorias: critérios de propósito, critérios para uso, e critérios de durabilidade. A Figura 1 apresenta as etapas e detalha os critérios que podem ser usados nessas categorias.

Por fim, a etapa final correspondente à aquisição do software, na qual a equipe responsável pelo processo utiliza os critérios de seleção para avaliar as alternativas existentes e tomar a decisão sobre quais delas atendem aos requisitos da empresa e, eventualmente, decidir qual é a mais adequada considerando tais critérios.

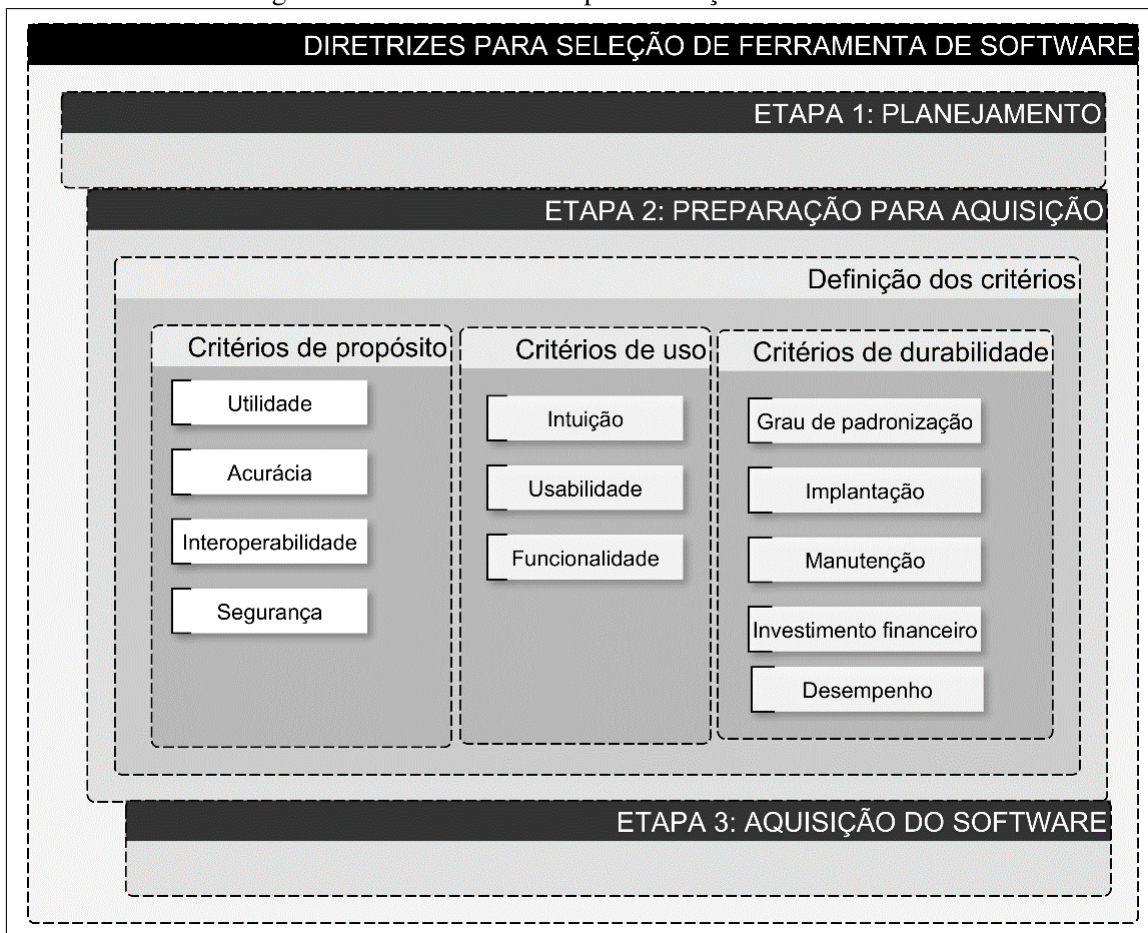
3. Método de Pesquisa

Esta pesquisa foi subdividida em três etapas principais, as quais são ilustradas na Figura 2. A primeira etapa consistiu na análise das ferramentas de softwares existentes, durante a qual foi realizado um levantamento dos softwares disponíveis atualmente no mercado para a resolução de problemas de corte. Para isso foram feitas buscas na internet para identificar potenciais fornecedores de ferramentas de software. Após isso, foram analisadas as funções dessas ferramentas com informações contidas em documentos, manuais, sites, além de entrevistas realizadas com alguns fornecedores.

Na segunda etapa foi elaborado um método para seleção de softwares usando as diretrizes e critérios do método SQuARE e direcionado pelos passos sugeridos por Bertuol (2014). O método proposto utiliza a técnica multi-critério SMARTER para avaliação dos softwares candidatos à aquisição.

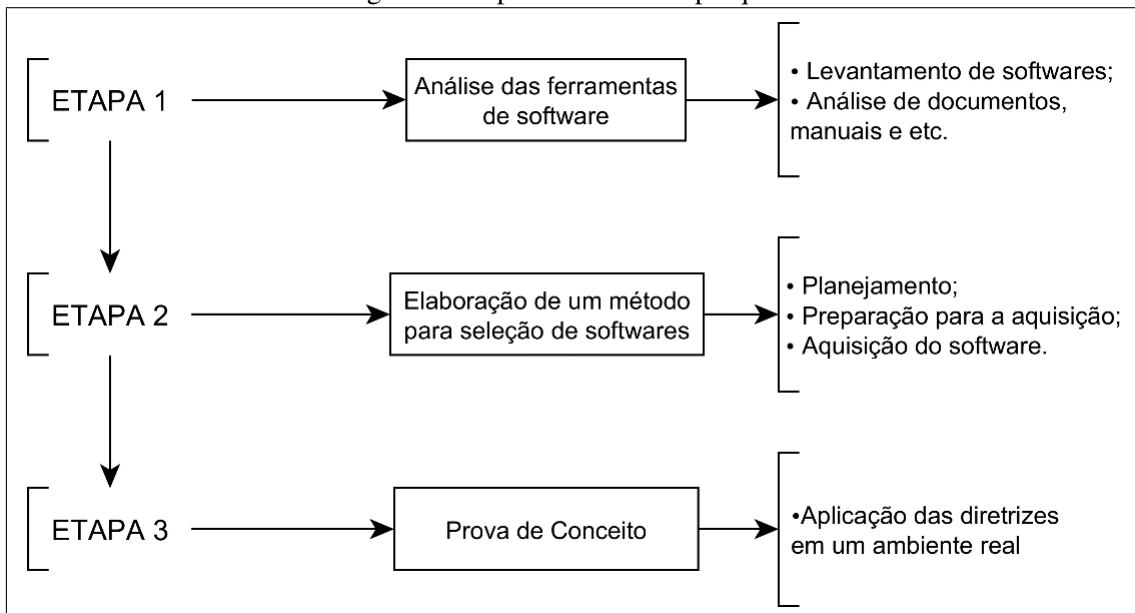
Por fim, a terceira etapa envolveu uma aplicação piloto do método proposto em um cenário industrial real, de modo a avaliar seus resultados na seleção de uma ferramenta de software. Para cumprir com a fase de seleção, das diretrizes propostas, fez-se necessário utilizar um método de consenso ou um método multicritério. Na prova de conceito foram apresentados os resultados, utilizando duas opções de métodos de seleção: o método multicritério SMARTER e um método de seleção simples por somatório.

Figura 1: Critérios adotados para a seleção de software.



Fonte: Adaptado de Bertuol (2014).

Figura 2: Etapas o método de pesquisa.



Fonte: Elaborado pelos autores.

3.1. Critérios de Avaliação

Conforme descrito na Figura 1, três dimensões de critérios foram usados nesta pesquisa: critérios de propósito, uso e durabilidade.

Os critérios de propósito envolvem utilidade, acurácia, interoperabilidade e segurança do software. Tais fatores são referentes ao cumprimento dos objetivos do usuário a curto, médio e longo prazo. Dessa forma, avaliar o propósito consiste em analisar os seguintes aspectos quanto à finalidade do software:

- **Utilidade:** O software deve satisfazer as necessidades que originaram seu desenvolvimento.
- **Acurácia:** O software deve gerar resultados decorrentes do seu uso, como aumento da produtividade, redução de custos, aumento na lucratividade, aumento da competitividade, minimização de erros e perdas.
- **Interoperabilidade:** É a capacidade de sistemas se comunicarem entre si, ou seja, é a interação e troca de informações entre softwares. Semelhante à interoperabilidade, a integração permite a conexão de dois sistemas gerando dependência tecnológica entre eles. A integração serve para facilitar o acesso à informação.
- **Segurança:** Para avaliar se o software pode colocar em risco a organização, deve ser avaliado se ele permite acesso a qualquer pessoa, ou se exige identificação no momento do acesso. O registro de histórico na utilização também pode auxiliar na rastreabilidade de erros e ações. Além disso, o software precisa estar em conformidade com as leis que regulamentam o setor de T.I (Tecnologia da Informação), como a LGPD (Lei Geral de Proteção de Dados).

Os critérios para uso envolvem compreensibilidade, usabilidade e funcionalidade. Esses três fatores estão relacionados à interação usuário-máquina, com o grau de facilidade de manuseio da ferramenta e desempenho do software. A facilidade de manuseio da ferramenta de software pelos usuários também deve ser avaliada e criteriosa. Muitas vezes, a organização faz um alto investimento na aquisição e não consegue ter uma satisfação diária ao usar o programa, devido à complexidade e dificuldade de manuseio da interface. Sendo assim, o software precisa proporcionar:

- **Compreensibilidade:** a ferramenta deve ser intuitiva, de modo que qualquer pessoa com o mínimo de conhecimento sobre tecnologia possa ser capaz de compreendê-la e usá-la.
- **Usabilidade:** de fácil utilização e fácil de aprender, de modo que o usuário consiga executar a tarefa com efetividade e satisfação, atendendo aos seus objetivos iniciais.
- **Funcionalidade:** os recursos do software precisam ter continuidade durante a operação, sem interrupções, ou então, ter claro suas limitações aos usuários.

Os critérios para durabilidade envolvem flexibilidade, testabilidade, implantação, manutenção, investimento financeiro e desempenho. Esses fatores são referentes ao grau de personalização da ferramenta, que tem como consequências a forma de implantação, manutenção e custos para tal. Avaliar a durabilidade da ferramenta requer analisar o quanto a empresa está disposta a investir no serviço, para definir então o grau de padronização, o processo de implantação, assim como a necessidade e a disponibilidade de manutenções. Logo, devem ser considerados os seguintes aspectos:

- **Flexibilidade:** No momento de optar por um software, deve-se avaliar seu grau de padronização. O software personalizado busca soluções para necessidades específicas, sendo criado de forma única. Já o software padronizado foca em soluções de necessidades comuns emergentes no mercado.
- **Testabilidade:** Seja a ferramenta de software personalizada ou padronizada, uma fase de teste é essencial ao processo anterior a sua efetiva aquisição. É neste momento em que se encontram as possíveis falhas na ferramenta, que necessitam de correções em casos de serviços personalizados, ou então, é verificado neste momento se o software condiz ou não com as perspectivas criadas aos usuários dos serviços padronizados.
- **Implantação:** Facilidades e dificuldades na implantação do software na empresa. Algumas ferramentas podem exigir mais do que outras no momento da implantação, necessitando de algumas alterações no processo.

- **Manutenção:** Trata-se da capacidade do software fornecer suporte e correções para possíveis dificuldades do usuário. A frequência de atualizações também deve ser considerada.
- **Investimento financeiro:** Todos os custos com o processo de aquisição do software devem ser avaliados. Custos de aquisição, implantação, licenças, treinamentos, atualizações e outros.
- **Desempenho:** Este critério visa mensurar o cumprimento e rendimento que o uso da ferramenta de software proporcionou para a organização.

3.2. Árvore de Critérios

A partir dos três grupos de critérios, 40 questões foram geradas, considerando as características do setor moveleiro. As questões foram distribuídas entre cada um de seus fatores, formando a árvore de critérios apresentada na Figura 3. A árvore de critério tem como finalidade ser aplicada pelo agente facilitador aos softwares candidatos ao processo de aquisição. Com isso, as questões visam auxiliar na avaliação de cada critério, fornecendo um guia para direcionar as empresas na escolha de um software para gerar os planos de corte. Enquanto o agente facilitador encontra as respostas para as perguntas, ele consegue melhor ponderar as ferramentas de software que melhor lhe atenderão.

4. Ferramentas de Software

As características dos softwares selecionados, provenientes da busca na internet, foram elencadas com base em informações contidas em manuais, sites, além de entrevistas on-line realizadas com alguns fornecedores. A Tabela 1 apresenta um resumo destas ferramentas.

Tabela 1: Ferramentas de software identificadas.

Características	Promob Cut Pro	Corte Certo	Artis Optimizer	Sketchcut	Dinabox	Optiplanning (Biesse)	Proje	Cortecloud	Simula	Gplan	Ucancam V9	Titanium	Otimo Perfect Cut	Cut Rite	Cut-Planning	Gmad	Maxcut	Cutlist	Cumicro
Transmissão de dados para máquina		X	X		X	X				X			X	X	X				
Entrada de dados de itens e chapas manual	X	X		X	X	X	X	X	X		X		X	X	X		X	X	X
Possui biblioteca de itens e chapas cadastradas					X			X											
Importa dados de itens e chapas	X	X	X	X		X		X	X	X	X		X	X	X		X	X	
Limite na quantidade de dados de entrada		X																	
Considera espessura da lâmina de corte			X	X	X			X	X				X	X			X	X	
Considera fitas de borda	X	X	X	X	X			X						X	X		X	X	X
Considera furos	X				X			X									X		
Considera fibras e ranhuras no material	X	X	X	X	X			X	X		X		X	X	X		X	X	X
É possível escolher se o item pode rotacionar					X				X					X					
Fornecer número de estágios		X			X				X									X	

Tabela 1: Ferramentas de software identificadas.

Características	Promob Cut Pro	Corte Certo	Ardis Optimizer	Sketchcut	Dinabox	Optiplanning (Biesse)	Projje	Cortecloud	Simula	Gplan	Ucancam V9	Titanium	Ottimo Perfect Cut	Cut Rite	Cut-Planning	Gmad	Maxcut	Cutlist	Cutmicro
Fornece número de cortes					X				X									X	
Fornece prioridade de itens	X				X									X					
Fornece custos					X			X	X					X			X		
Fornece tempo de corte														X					
Fornece gráfico de soluções	X	X	X	X	X	X	X		X		X		X	X	X		X	X	X
Permite edições manuais nos gráficos de soluções	X	X		X		X			X		X			X	X				X
Possui aproveitamento de sobras	X	X		X	X	X			X		X			X	X				
Fornece corte guilhotina	X	X		X	X			X	X				X	X	X		X	X	X
Fornece corte nesting	X				X			X			X				X				
Permite impressão dos resultados	X			X	X			X	X				X	X	X		X	X	X
Disponibiliza etiquetas	X	X	X		X	X		X	X				X		X		X		
Permite integração com outros softwares	X				X	X			X	X		X	X	X					
Aquisição gratuita				X	X			X			X		X				X	X	X
Aquisição paga	X	X	X	X	X			X	*	X			X	X	X		X	X	
Disponível online					X			X										X	
Disponível como software	X	X	X	X					X	X	X		X	X	X		X		X
Disponível como aplicativo				X				X							X				
Serviço personalizado								X	X	X									

Fonte: Elaborado pelos autores.

Entre as ferramentas de software selecionadas, há algumas disponíveis: na web, para download ou como aplicativos de *smartphones*. Alguns também fornecem diagramas dos planos de corte gerados de modo automático, outros precisam ser construídos manualmente e ainda há casos em que os planos de corte gerados automaticamente podem ser ajustados de forma manual.

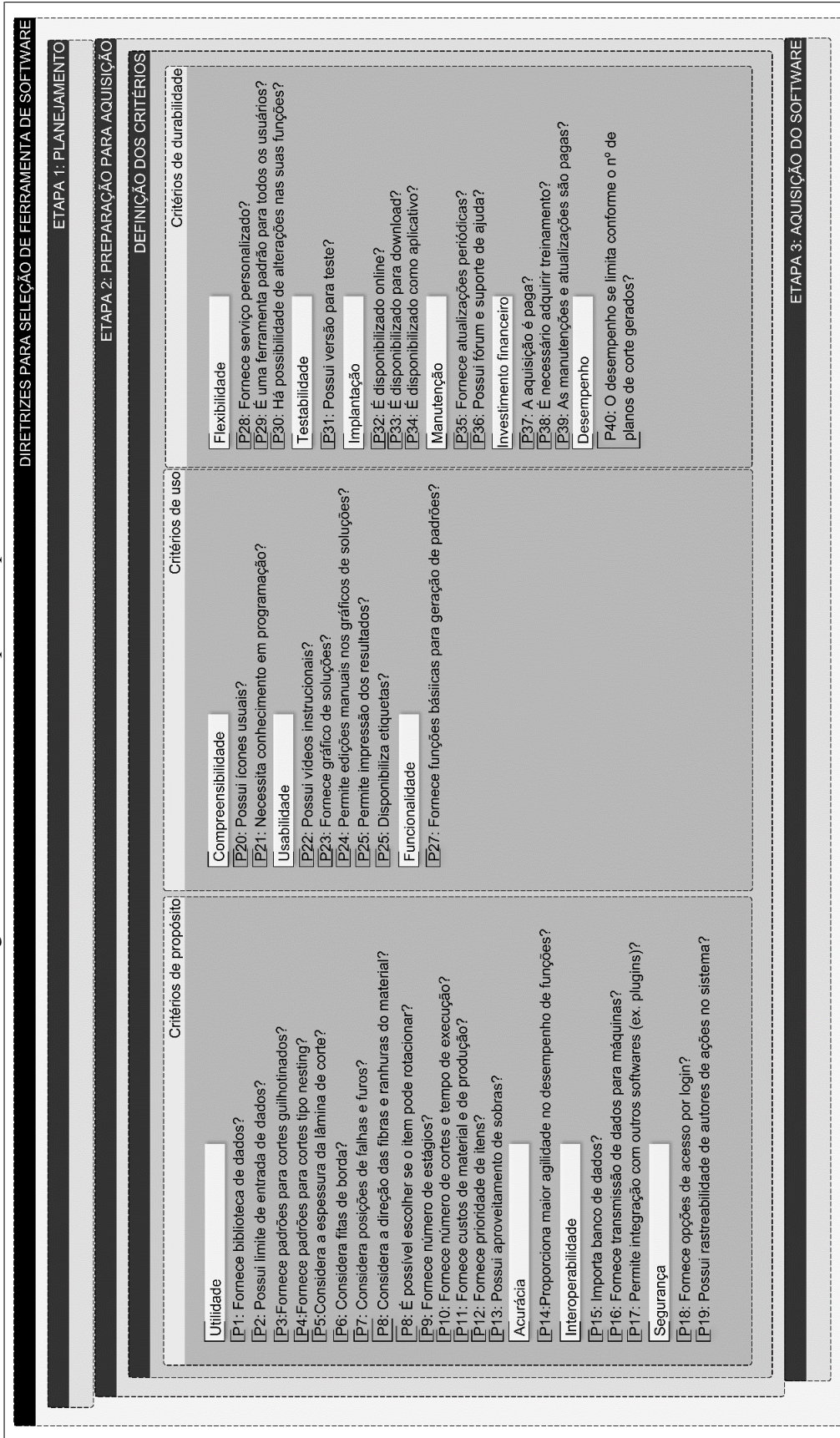
Algumas dessas ferramentas de softwares possuem versões gratuitas, às vezes, com limitações de funcionalidades, versões pagas, ou ainda, podem ter serviços personalizados de acordo com as necessidades dos clientes. As ferramentas *Cortecloud*, *Dinabox* e *CutList* podem ser usadas como *plugins* no *Sketchup*, assim como o *Ottimo Perfect Cut*, *Cut Rite*, *Optiplanning (Biesse)* e *Titanium*, *plugins* do *Promob*.

5. Aplicação Real

5.1. Análise das Ferramentas de Software

Para analisar o comportamento das diretrizes estabelecidas, essas foram aplicadas em uma microempresa do setor moveleiro, contendo três funcionários. A empresa escolhida está situada no interior do Paraná, caracterizada como um empreendimento familiar e trabalha com comércio

Figura 3: Árvore de critérios e questões aplicadas.



Fonte: Adaptado de Bertuol (2014).

de móveis planejados sob encomenda há mais de 20 anos.

Por meio de entrevistas e visitas *in loco*, foi possível conhecer o processo produtivo da empresa, implementar e acompanhar as diretrizes propostas. O processo produtivo se inicia com a realização do orçamento do móvel desejado pelo cliente. Após aprovação, as chapas de MDF de dimensões são adquiridas, e ao chegarem à empresa, o marceneiro lista todos os itens a serem cortados para fabricação do móvel. Essa lista é gerada manualmente em folhas e os itens são cortados com a utilização com uma serra de espessura de 3mm. Assim, o plano de corte é gerado de modo manual, no momento da realização dos cortes, até que se tenha todos os itens necessários cortados.

Após isso, os itens passam por um acabamento e é realizada a colagem de fitas de bordas. Depois de fitado, o móvel é montado na própria empresa, são realizados todos os furos necessários e garantido que não haverá problemas no momento da entrega e montagem na casa do cliente final. O fluxograma do processo pode ser visto na Figura 4.

Figura 4: Fluxograma do processo.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Nota-se que essa empresa está, entre as que possuem um processo de geração de padrões de corte manual e empírico, com pouca inovação e conhecimento limitado dos funcionários em relação às oportunidades de melhorias. As próximas subseções relatam a aplicação de cada etapa das diretrizes propostas.

5.2. Método para Seleção de Software

Como a empresa selecionada é de pequeno porte, sem condições financeiras de contratações atuais, foi definido como o agente facilitador um funcionário, com aproximadamente 10 anos de experiência no segmento e estudante de graduação.

Durante a visita *in loco*, foram definidas as perspectivas de curto, médio e longo prazo, mediante a aquisição de um software para empresa agilizar seu processo de geração de padrões de corte. A curto prazo, ficou estabelecido que a empresa visa conhecer os benefícios que um software pode trazer para o processo de corte, utilizando-o para geração de padrões de corte em alguns pedidos durante aproximadamente 2 ou 3 meses, nessa fase a ferramenta escolhida deve ser gratuita.

A médio prazo, ficou estabelecido que se constatado melhora no desempenho da atividade de geração de padrões de corte nos pedidos que foram utilizados o software, o mesmo passará a ser utilizado para todos os novos pedidos da empresa, de modo a minimizar ainda mais o tempo gasto nesse processo.

A longo prazo, ficou decidido que a empresa identificará novas necessidades que venham a surgir, de modo a avaliar se o software escolhido continuará cumprindo com suas necessidades. Caso contrário, ele será substituído, podendo nessa fase então, considerar ferramentas com aquisições pagas.

Como esta etapa já possui, predefinido, os critérios que devem ser avaliados e como uma árvore de critérios já foi proposta, nesta etapa houve a validação e complementação das questões junto a empresa finalizando e validando assim, as 40 questões.

Como nas perspectivas a curto prazo da Etapa 1, a empresa optou por considerar ferramentas com aquisição gratuitas. Os fornecedores aqui selecionados serão aqueles que possuem alguma versão do programa que gere padrões de corte, mas que não seja pago. Entre os softwares, Tabela 1, foram selecionados: *Sketchcut*, *Cortecloud*, *Ucancam V9*, *Ottimo Perfect Cut*, *Maxcut*, *Cutlist* e *Cutmicro*.

Com os fornecedores definidos, para seguir com a seleção do software e aplicar a árvore de critérios, a empresa precisa definir um método que auxilie na tomada de decisão. Neste caso real, serão utilizados dois métodos para comparação, um método simples por somatório e um método mais sofisticado de análise multicritério, o método SMARTER.

5.2.1. Aplicação do Método Multicritério SMARTER

O método SMARTER (Edwards e Barron, 1994), a ser utilizado na etapa de aquisição do software, foi escolhido entre diversos métodos de análise multicritério por auxiliar na tomada de decisão quando existem múltiplos objetivos, sem perder a simplicidade de aplicação. Este método é composto por 9 etapas, onde da etapa 1 a 7 e a etapa 9 são idênticas ao método SMARTS. Veja os passos na Figura 5.

No Passo 8, ao optar pela opção SMARTER, o peso de cada atributo é calculado através da Equação 1. Vale ressaltar que neste método assume-se que $w_1 > w_2 > \dots > w_N$ e após a ordenação dos critérios seus pesos são pré-determinados pela relação estabelecida entre a ordem k do atributo e a quantidade K de atributos.

$$w_k = \frac{1}{K} \sum_{i=k}^K \frac{1}{i} \quad (1)$$

Por fim, no Passo 9 calcula-se a utilidade total das alternativas utilizando a Equação 2, onde $U(h)$ é a utilidade multi-atributo da alternativa h e u_{kh} é o valor do atributo k para a alternativa h .

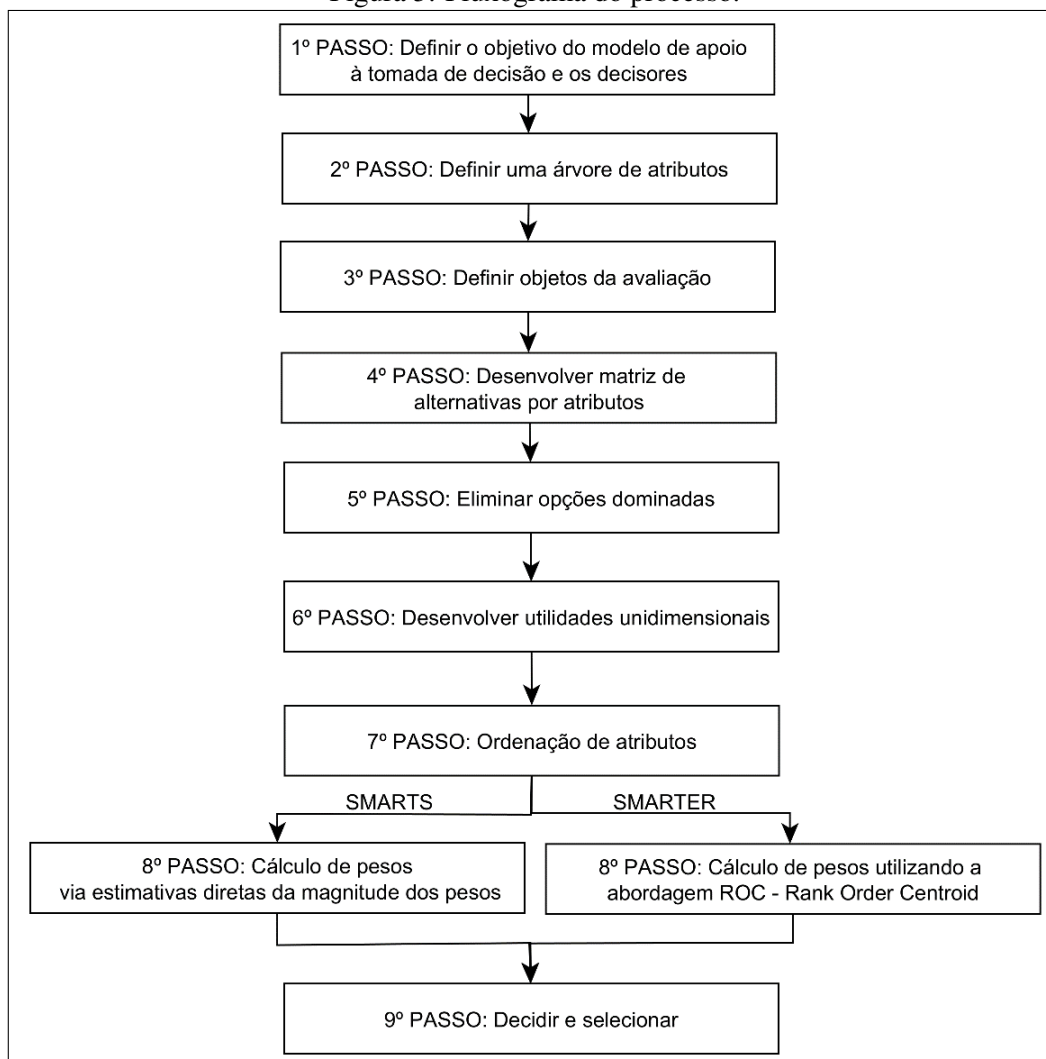
$$U(h) = \sum_{k=1}^N w_k \times u_{kh} \quad (2)$$

Primeiramente foram analisadas as alternativas de softwares disponíveis na Tabela 1 para pré-selecionar quais seriam analisadas usando o método SMARTER. Para isso, o responsável pela tomada de decisão na empresa analisou as características dos software para buscar aqueles que mais atendem às necessidades de corte na empresa, sendo escolhidos os softwares *Sketchcut*, *Cortecloud*, *Ucancam V9*, *Ottimo Perfect Cut*, *Maxcut*, *Cutlist* e *Cutmicro*.

Em seguida, a árvore de critérios e as questões definidas na Figura 3 foram usadas para avaliar cada uma das alternativas. Primeiramente, o responsável pela tomada de decisão respondeu as questões usando "sim", "não" ou "neutro" com a finalidade de determinar se é de interesse da empresa que a ferramenta de software tenha o que cada pergunta sugere, respondendo "sim", caso contrário, respondendo "não". Caso a característica seja indiferente, responde-se "neutro".

Após avaliar cada pergunta com relação ao desejo do tomador de decisão, cada software foi avaliado para determinar se ele atende ou não ao que a pergunta sugere, utilizando-se os termos

Figura 5: Fluxograma do processo.



Fonte: Elaborado pelos autores.

”sim”ou ”não”para cada software em cada pergunta. Os dados coletados são apresentados na Tabela 2.

Em seguida, as respostas da Tabela 2 foram convertidos para valores numéricos -1 , 0 e $+1$ usando as regras abaixo. A Tabela 3 mostra os valores numéricos após a conversão.

- Se o desejo do tomador de decisão for ”sim”e a resposta for ”sim”para a característica, então pontua $+1$, caso contrário pontua -1 .
- Se o desejo do tomador de decisão for ”não”e a resposta for ”sim”para a característica, então pontua -1 , caso contrário pontua $+1$.
- Se o desejo do tomador de decisão for ”neutro”, a pontuação é 0 independentemente da resposta.

Os valores numéricos da Tabela 3 agora precisam ser agregados com relação a cada atributo sendo avaliado. Para isso, foi realizada a contagem de quantas questões receberam valores $+1$ e -1 por atributo, para cada software. Após isso, o valor de utilidade de cada atributo para cada software foi calculado subtraindo-se a contagem de valores -1 da contagem de valores $+1$. Os valores de utilidade obtidos são apresentados na Tabela 4.

O tomador de decisão foi questionado com relação à ordem de importância de cada um dos atributos, os quais foram ordenados de 1 a 13 com relação à sua relevância para a escolha do software. A Tabela 5 mostra a ordenação dos atributos e os respectivos pesos, obtidos pela

Tabela 2: Matriz de avaliações dos softwares.

Atributo	Pergunta	Desejo do decisor	Sketchcut	Corteccloud	Ucancam V9	Ottimo Perfect Cut	Maxcut	Cutlist	Cutmicro
Utilidade	P1	Neutro	Não	Sim	Não	Não	Não	Não	Não
	P2	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não
	P3	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Sim
	P4	Neutro	Não	Sim	Sim	Não	Não	Não	Não
	P5	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Não
	P6	Não	Sim	Sim	Não	Não	Sim	Sim	Sim
	P7	Neutro	Não	Sim	Não	Não	Sim	Não	Não
	P8	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
	P9	Sim	Não	Não	Não	Não	Não	Sim	Não
	P10	Neutro	Não	Não	Não	Não	Não	Sim	Não
	P11	Neutro	Não	Sim	Não	Não	Sim	Não	Não
	P12	Neutro	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não
	P13	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Não
Acurácia	P14	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Interoperabilidade	P15	Neutro	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não
	P16	Neutro	Não	Não	Não	Sim	Não	Não	Não
	P17	Neutro	Não	Não	Não	Sim	Sim	Sim	Não
Segurança	P18	Neutro	Não	Sim	Não	Não	Não	Sim	Não
	P19	Neutro	Não	Sim	Não	Não	Não	Sim	Não
Compreensibilidade	P20	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Sim	Sim	Sim
	P21	Não	Não	Não	Não	Sim	Não	Não	Não
Usabilidade	P22	Sim	Não	Sim	Sim	Não	Sim	Não	Não
	P23	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
	P24	Sim	Sim	Não	Sim	Não	Não	Não	Sim
	P25	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Sim
	P26	Neutro	Não	Sim	Não	Sim	Sim	Não	Não
Funcionalidade	P27	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Flexibilidade	P28	Neutro	Não	Sim	Não	Não	Não	Não	Não
	P29	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Não	Sim
	P30	Neutro	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não
Testabilidade	P31	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim
Implantação	P32	Não	Não	Sim	Não	Não	Não	Sim	Não
	P33	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Não	Sim
	P34	Neutro	Sim	Sim	Não	Não	Não	Não	Não
Manutenção	P35	Neutro	Não	Sim	Não	Não	Não	Não	Não
	P36	Sim	Não	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Não
Investimento	P37	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não
	P38	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não
	P39	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não
Desempenho	P40	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Sim	Não

Fonte: Elaborado pelos autores.

Tabela 3: Pontuação numérica dos softwares em cada questão.

Atributo	Pergunta	Sketchcut	Corteccloud	Ucancam V9	Ottimo Perfect Cut	Maxcut	Cutlist	Cutmicro
Utilidade	P1	0	0	0	0	0	0	0
	P2	1	1	1	1	1	1	1
	P3	1	1	1	1	1	1	1
	P4	0	0	0	0	0	0	0
	P5	1	1	-1	1	1	1	-1
	P6	-1	-1	1	1	-1	-1	-1
	P7	0	0	0	0	0	0	0
	P8	1	1	1	1	1	1	1
	P9	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1
	P10	0	0	0	0	0	0	0
	P11	0	0	0	0	0	0	0
	P12	0	0	0	0	0	0	0
Acurácia	P13	1	1	1	-1	1	-1	-1
	P14	1	1	1	-1	1	1	1
Interoperabilidade	P15	0	0	0	0	0	0	0
	P16	0	0	0	0	0	0	0
	P17	0	0	0	0	0	0	0
Segurança	P18	0	0	0	0	0	0	0
	P19	0	0	0	0	0	0	0
Compreensibilidade	P20	1	1	-1	-1	1	1	1
	P21	1	1	1	-1	1	1	1
Usabilidade	P22	-1	1	1	-1	1	-1	-1
	P23	1	1	1	1	1	1	1
	P24	1	-1	1	-1	-1	-1	1
	P25	1	1	-1	1	1	1	1
	P26	0	0	0	0	0	0	0
Funcionalidade	P27	1	1	1	1	1	1	1
Flexibilidade	P28	0	0	0	0	0	0	0
	P29	1	1	1	-1	-1	-1	1
	P30	0	0	0	0	0	0	0
Testabilidade	P31	1	1	1	-1	1	1	1
Implantação	P32	1	-1	1	1	1	-1	-1
	P33	1	-1	1	1	1	-1	1
	P34	0	0	0	0	0	0	0
Manutenção	P35	0	0	0	0	0	0	0
	P36	-1	1	1	-1	1	1	-1
Investimento	P37	1	1	1	1	1	1	1
	P38	1	1	1	1	1	1	1
	P39	1	1	1	1	1	1	1
Desempenho	P40	1	1	1	1	1	-1	1

Fonte: Elaborado pelos autores.

Tabela 4: Valores de utilidade de cada atributo para cada software.

Atributo	Sketchcut	Corteccloud	Ucancam V9	Ottimo Perfect Cut	Maxcut	Cutlist	Cutmicro
Utilidade	3	3	3	3	3	3	-1
Acurácia	1	1	1	-1	1	1	1
Interoperabilidade	0	0	0	0	0	0	0
Segurança	0	0	0	0	0	0	0
Compreensibilidade	2	2	0	-2	2	2	2
Usabilidade	2	2	2	0	2	0	2
Funcionalidade	1	1	1	1	1	1	1
Flexibilidade	1	1	1	-1	-1	-1	1
Testabilidade	1	1	1	-1	1	1	1
Implantação	2	-2	2	2	2	-2	0
Manutenção	-1	1	1	-1	1	1	-1
Investimento Financeiro	3	3	3	3	3	3	3
Desempenho	1	1	1	1	1	-1	1

Fonte: Elaborado pelos autores.

Equação 1.

Tabela 5: Ranqueamento dos atributos.

Ordenação	Atributo	Peso w_k
1	Investimento financeiro	0,244626
2	Funcionalidade	0,167703
3	Utilidade	0,129241
4	Usabilidade	0,103600
5	Compreensibilidade	0,084369
6	Implantação	0,068985
7	Manutenção	0,056164
8	Desempenho	0,045175
9	Acurácia	0,035560
10	Testabilidade	0,027013
11	Flexibilidade	0,019320
12	Segurança	0,012327
13	Interoperabilidade	0,005917

Fonte: Elaborado pelos autores.

Por fim, a Equação 2 foi aplicada para calcular o valor de utilidade de cada uma das ferramentas de software, resultando nos valores relatados na Tabela 6. Dessa maneira, podemos concluir que o método SMARTER apontou que o software *Sketchcut* é a melhor alternativa para a empresa.

5.2.2. Aplicação do Método Simples por Somatório

Para obter uma visão complementar sobre os dados coletados, foi realizada a aplicação do método simples por somatório dos valores obtidos em cada pergunta por cada software. A Tabela

Tabela 6: Pontuação final dos softwares.

Software	Pontuação
Sketchcut	1,4228
Corteccloud	1,3534
Ucancam V9	1,2927
Ottimo Perfect Cut	0,4505
Maxcut	1,3711
Cutlist	1,1132
Cutmicro	0,3903

Fonte: Elaborado pelos autores.

7 sintetiza as contagens de notas +1 e -1 obtidas por cada software.

Tabela 7: Quantidade de notas +1 e -1 de cada software.

Software	Contagem +1	Contagem -1
Sketchcut	20	4
Maxcut	20	4
Ucancam V9	20	4
Corteccloud	19	5
Cutmicro	17	7
Cutlist	16	8
Ottimo Perfect Cut	14	10

Fonte: Elaborado pelos autores.

Para analisar os dados, foi utilizado como primeiro critério a quantidade de notas +1 obtidas e como segundo critério a quantidade de notas -1 obtidas. Como houve empate entre as três primeiras alternativas, o tomador de decisão foi questionado com relação à sua preferência para desempate, sendo selecionado o software *Maxcut*.

5.3. Aplicação do Método Proposto na Empresa

Os softwares selecionados, *Maxcut* e *Sketchcut*, foram instalados e apresentados para os funcionários da empresa. Para avaliar os benefícios, estes softwares foram testados na geração de padrões de corte em dois casos distintos, sendo o primeiro para a produção de um armário para banheiro e o segundo para a produção de um armário de cozinha.

5.3.1. Armário para Banheiro

Este exemplo de aplicação mostra os resultados obtidos pelos softwares selecionados para a produção do armário para banheiro da Figura 6.

A lista de itens para a produção deste armário está representada na Tabela 8.

Para comparação, foram gerados padrões de cortes de forma empírica, como já era realizado pela empresa e padrões de corte com os softwares *Maxcut* e *Sketchcut*. A representação gráfica dos padrões de corte empíricos, ou seja, os padrões gerados manualmente pela empresa, é apresentada na Figura 7.

A Figura 8 mostra os padrões de corte gerados pelo software *Sketchcut* e a Figura 9 mostra os padrões de corte gerados pelo software *Maxcut*.

A Tabela 9 apresenta como fica distribuída a área da chapa de MDF que sobra, após o corte dos 25 itens para a produção do armário de banheiro. A “Área de recortes” se refere às sobras, ou seja, pedaços de MDF que podem ser reaproveitados posteriormente. Já a “Área de desperdícios”, refere-se às perdas, ou seja, materiais que não podem ser reaproveitados por possuírem tamanhos

Figura 6: Armário de banheiro usado como teste.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Tabela 8: Itens necessários para fabricação do armário de banheiro.

Descrição	Comprimento (mm)	Largura (mm)	Demanda (un)
Base	1000	460	1
Laterais	635	460	3
Sarrafos	970	50	4
Frente de gaveta	333	210	3
Portas	630	325	2
Laterais de gaveta	180	450	6
Frente e fundo de gavetas	180	263	6

Fonte: Elaborado pelos autores.

muito pequenos. Os softwares testados consideram como perdas os recortes cuja largura é inferior à menor largura dentre as peças a serem cortadas.

Tabela 9: Desempenho dos padrões de corte.

Padrão de Corte	Área de recortes (m ²)	Área de desperdícios (m ²)
Empírico	1,833	0,334
Sketchcut	1,888	0,28
Maxcut	2,02	0,147

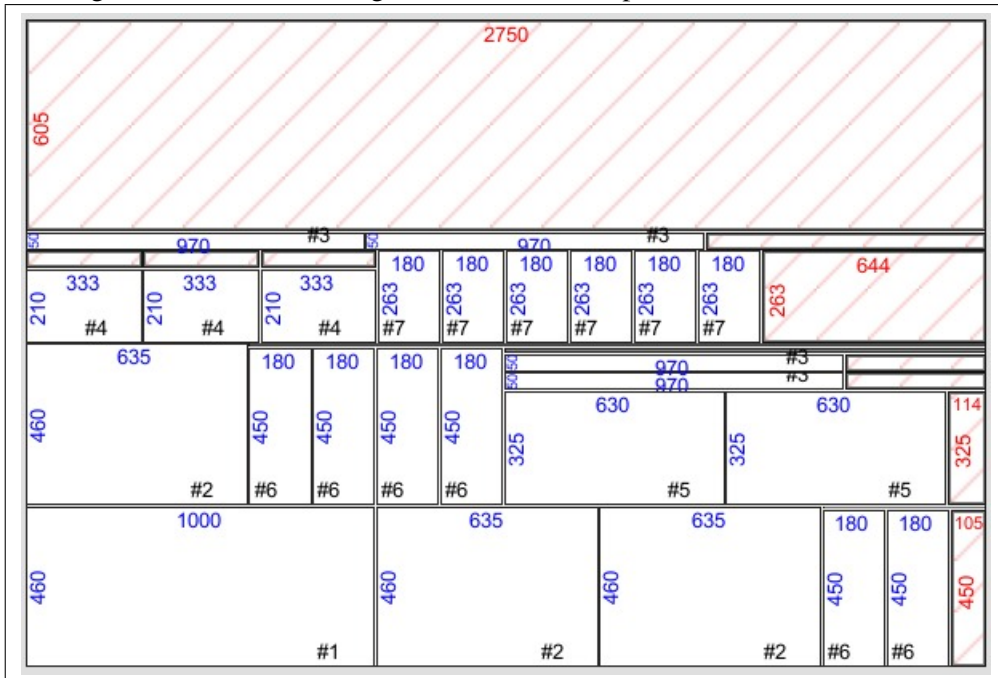
Fonte: Elaborado pelos autores.

Dessa forma, é possível concluir que, embora o padrão de corte realizado de modo empírico pela empresa se aproxima bastante do gerado pelo software *Sketchcut*, aquele ainda possui resultados com maiores perdas comparado aos dois gerados pelas ferramentas computacionais.

Entre os três padrões de corte, o *Maxcut* gerou menores perdas, resultando em uma maior área de recorte, ou seja, passível de ser reaproveitada posteriormente e menor área de desperdício. Houve 1,05% menos desperdício no padrão do *Maxcut* comparado ao padrão empírico.

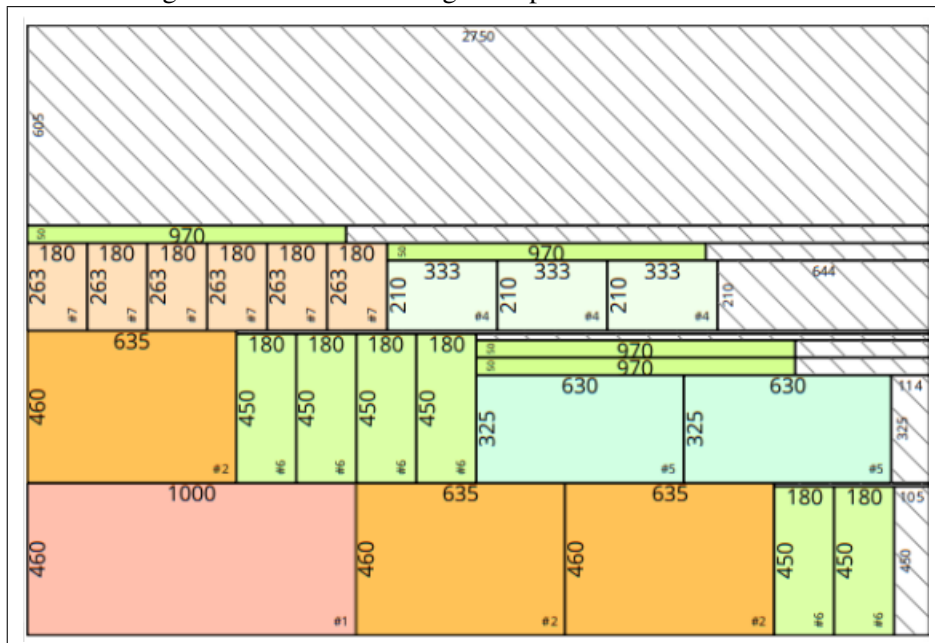
Tais resultados mostram que ambos os softwares, selecionados com a aplicação das diretrizes, forneceram melhor desempenho quando comparado ao método atual da empresa. As

Figura 7: Padrão de corte gerado manualmente para o armário de banheiro.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 8: Padrão de corte gerado pelo software *Sketchcut*.



Fonte: Elaborado pelos autores.

melhorias não se limitam apenas a menores perdas, mas também na otimização no tempo de geração dos padrões.

O móvel escolhido para os testes foi com uma pequena lista de itens, sendo necessário o uso de apenas uma chapa, mas em ordens de produção que demandam uma grande quantidade chapas no corte há ganhos significativos em tempo de planejamento e geração de padrões.

Figura 9: Padrão de corte gerado pelo software *Maxcut*.



Fonte: Elaborado pelos autores.

5.3.2. Armário de Cozinha

Este exemplo de aplicação mostra os resultados obtidos pelos softwares selecionados para a produção do armário de cozinha da Figura 10. Os itens a serem cortados para a produção do armário são descritos na Tabela 10.

Figura 10: Armário de cozinha usado como teste.



Fonte: Elaborado pelos autores.

De maneira semelhante ao exemplo anterior, primeiramente foi analisado o plano de corte gerado empiricamente pela empresa, o qual pode ser visto na Figura 11. Vale destacar que neste novo exemplo, a produção de uma unidade do produto final requer ao menos duas chapas.

Os softwares *Maxcut* e *Sketchcut* foram usados para gerar padrões de corte para o mesmo produto. A Figura 12 mostra os padrões obtidos pelo software *Maxcut* e a Figura 13 mostra os padrões obtidos pelo software *Sketchcut*.

A Tabela 11 compara o desempenho das soluções obtidas no caso do armário de cozinha,

Tabela 10: Itens necessários para fabricação do armário de banheiro.

Descrição	Comprimento (mm)	Largura (mm)	Demanda (un)
Laterais	800	550	2
Base	1264	550	1
Travessa dianteira	1264	90	1
Travessa traseira	1264	100	1
Fundo	790	1279	1
Divisória	764	525	1
Laterais gavetas	510	115	1
Contra frente gavetas	637	110	5
Contra fundo gavetas	637	110	5
Fundo gavetas	652	490	5
Frente gavetas	156	722	5
Prateleira	546	500	1
Portas	794	283	2

Fonte: Elaborado pelos autores.

apresentando a área resultante de cortes (sobras reaproveitáveis) e a área de desperdícios (não reaproveitáveis).

Tabela 11: Desempenho dos padrões de corte.

Padrão de Corte	Área de recortes (m ²)	Área de desperdícios (m ²)
Empírico	2,9818	0,3242
Sketchcut	3,1669	0,1391
Maxcut	3,0828	0,2232

Fonte: Elaborado pelos autores.

É possível observar que dentre as 3 alternativas analisadas, o software *MaxCut* obteve novamente a melhor solução, com desperdício 57% menor que a solução empírica e 37,7% menor que a solução do software *Sketchcut*. Além disso, pode-se notar que o padrão de corte do *MaxCut* resultou em uma área de corte inteira maior, sendo assim mais fácil de aproveitá-la posteriormente.

6. Considerações Finais

Ao se referir a problemas de corte, foi possível notar que a falta de um profissional qualificado e a falta de uma ferramenta associada a este processo, aumentam as possibilidades de perdas de tempo e de material para a empresa. Porém, o processo de escolher uma ferramenta de software para uma empresa do segmento moveleiro é por si só complexo, devido principalmente, à grande diversidade de ferramentas oferecidas pelo mercado. As diferentes aplicações, características, custos, processos de aquisição, tornam essa tarefa difícil, e na maioria das vezes, demorada. Quando essas dificuldades são somadas à falta de investimento, ao desconhecimento dos funcionários e à resistência a mudança, o processo de aquisição de uma ferramenta se torna ainda mais difícil. E é pensando nisso, que este artigo propôs um método com diretrizes para guiar micro e pequenas empresas moveleiras no processo de seleção de um software.

As diretrizes foram propostas em três etapas: planejamento, preparação para aquisição e aquisição do software. O planejamento garante que os funcionários estejam engajados e conscientes da mudança que buscam alcançar. Deixando claro os objetivos que a empresa possui a curto, médio e longo prazo, a segunda etapa é de preparação para a aquisição. Na preparação para a aquisição, os critérios a serem avaliados na seleção de um software envolvem utilidade, acurácia,

Figura 12: Padrão de corte gerado pelo software *Maxcut*.

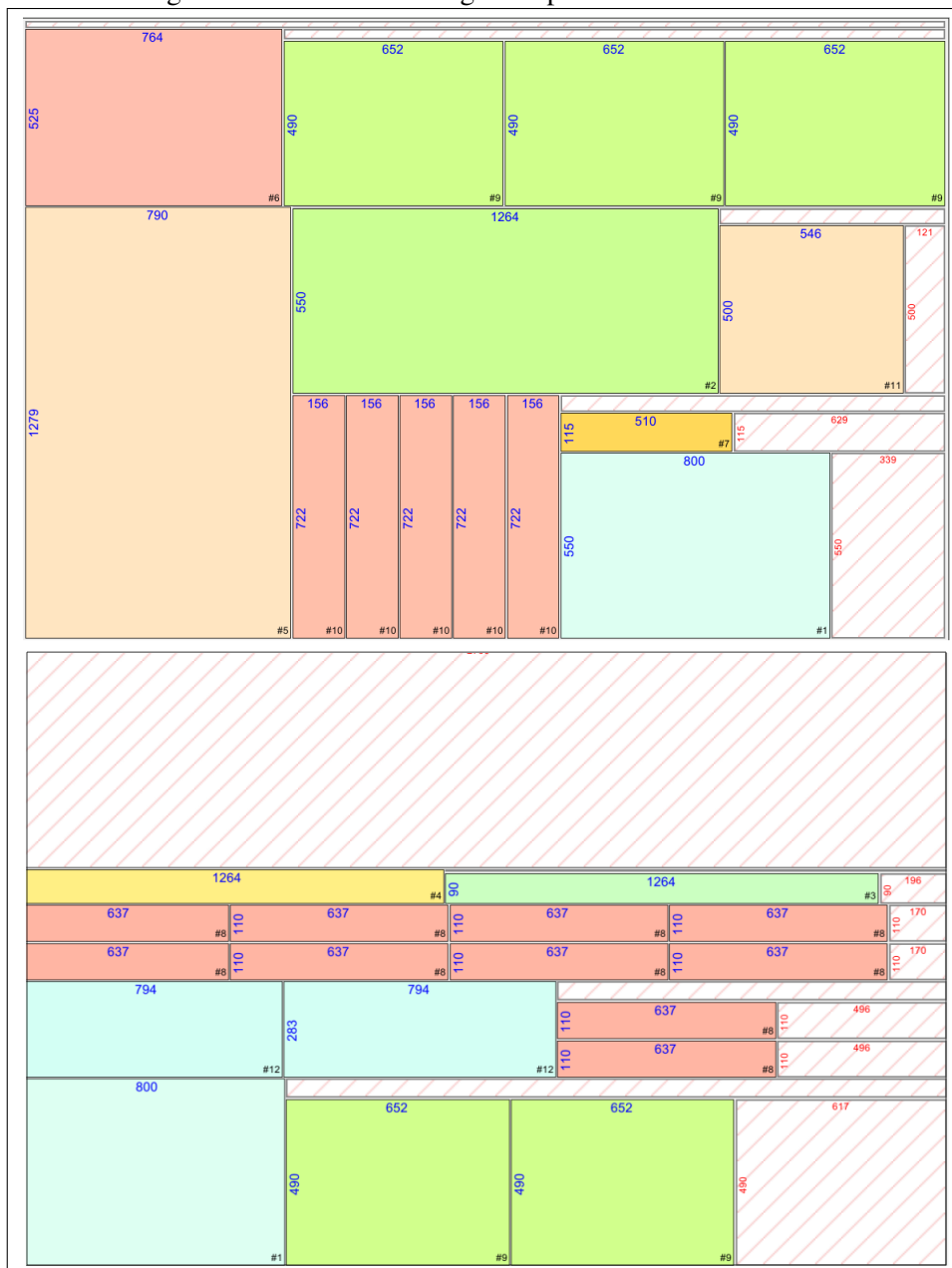


Fonte: Elaborado pelos autores.

Com as diretrizes sugeridas neste artigo, o processo de seleção de um software tende a ser menos arriscado e complexo. Por fim, foi realizada a aplicação das diretrizes em um ambiente real de uma empresa. Foram gerados padrões de corte para produção de um armário de banheiro, em que, as duas ferramentas selecionadas obtiveram melhores padrões de corte, quando comparadas com o material desperdiçado pelo padrão gerado pela empresa de forma empírica. Logo, o software *Maxcut* se destacou com menor percentual de desperdício. Embora o produto selecionado para os testes seja pequeno e demanda o recorte de apenas uma chapa de MDF, já se notou uma maior velocidade na geração dos padrões de corte, o que deve se perpetuar conforme aumenta a complexidade dos produtos.

Entre as dificuldades encontradas na aplicação das diretrizes, houve um pouco de exaustão na aplicação da árvore de critérios, por essa ser razoavelmente extensa. Também pode haver certo grau de dificuldade por parte do agente facilitador, para encontrar as funcionalidades dos

Figura 13: Padrão de corte gerado pelo software *Sketchcut*.



Fonte: Elaborado pelos autores.

softwares selecionados para aplicar o questionário, sem nunca terem tido contato com os mesmos. Decidir por um método de seleção para a avaliação do questionário aplicado também pode ser uma tarefa difícil. Ainda, mesmo com resultados positivos na utilização das ferramentas em um ambiente real, percebeu-se resistência por parte da mão-de-obra em continuar com a utilização dos novos recursos. Como oportunidades de pesquisas futuras, existe a possibilidade de facilitar a aplicação das diretrizes, automatizando as etapas, principalmente as fases de aplicação e avaliação do questionário, facilitando assim a seleção do software.

Agradecimentos. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Referências

- ABIMÓVEL. *Relatório setorial da indústria de móveis no brasil – anuário brasil móveis 2023.* , Associação Brasileira das Indústrias do Mobiliário, 2023.
- Bertuol, G. *Uma abordagem para a avaliação da qualidade de artefatos de software.* . Dissertação de Mestrado. Programa de Pós Graduação em Informática - Universidade Federal de Santa Maria, , 2014.
- Campello, B. e Ghidini, C. Métodos de análise de decisão multicritério para seleção de padrões de corte. *Trends in Computational and Applied Mathematics*, v. 23, n. 1, p. 1–16, 2022.
- Cherri, A. C., Cherri, L. H., Oliveira, B. B., Oliveira, J. F., e Carravilla, M. A. A stochastic programming approach to the cutting stock problem with usable leftovers. *European Journal of Operational Research*, v. 308, n. 1, p. 38–53, 2023.
- Edwards, W. e Barron, F. H. Smarts and smarter: Improved simple methods for multiattribute utility measurement. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, v. 60, n. 3, p. 306–325, 1994. ISSN 0749-5978.
- Grooss, O. F. Essentials for digitalizing maintenance activities in smes. *Procedia Computer Science*, v. 232, p. 1481–1490, 2024. ISSN 1877-0509. 5th International Conference on Industry 4.0 and Smart Manufacturing (ISM 2023).
- Grooss, O. F., Presser, M., e Tambo, T. Surround yourself with your betters: Recommendations for adopting industry 4.0 technologies in smes. *Digital Business*, v. 2, n. 2, p. 100046, 2022. ISSN 2666-9544.
- Guimarães, G. G. e Poldi, K. C. Mathematical models for the cutting stock with limited open stacks problem. *RAIRO Operations Research*, v. 57, p. 2067–85, 2023.
- ISO 25000, 2014. *Systems and software engineering – systems and software quality requirements and evaluation (square) — guide to square.* Standard, International Organization for Standardization Geneva, CH. Acesso em: 20/02/2024, 2014.
- Kannabiran, G. e Dharmalingam, P. Enablers and inhibitors of advanced information technologies adoption by smes: An empirical study of auto ancillaries in india. *Journal of Enterprise Information Management*, v. 25, n. 2, p. 186–209, 2012.
- Ledur, M. e Chiwiacowsky, L. D. Utilização do modelo de otimização de corte unidimensional para aumento da eficiência do processo de pintura em uma indústria moveleira. *Scientia Cum Industria*, v. 13, n. 1, p. e241302, 2024.
- Lemos, F. K., Cherri, A., de Araujo, S., e Yanasse, H. H. Minimizing saw cycles on the cutting stock problem with processing times depending on the cutting pattern. *Journal of the Operational Research Society*, v. 74, n. 5, p. 1331–1345, 2023.
- Lunardi, G. L., Dolci, D. B., e Dolci, P. C. Adoção de tecnologia da informação e sua relação com a gestão de negócios em micro e pequenas empresas (mpes). *Revista de Administração da Universidade Federal de Santa Maria*, v. 10, n. 5, p. 929–948, 2017.
- Lunardi, G. L., Dolci, P. C., e Maçada, A. C. G. Adoção de tecnologia de informação e seu impacto no desempenho organizacional: um estudo realizado com micro e pequenas empresas. *Revista de Administração*, v. 45, n. 1, p. 5–17, 2010. ISSN 0080-2107.

- Melega, G. M., de Araujo, S. A., e Jans, R. Classification and literature review of integrated lot-sizing and cutting stock problems. *European Journal of Operational Research*, v. 271, p. 1–19, 2018.
- Méxas, M. P., Quelhas, O. L. G., e Costa, H. G. Multicritério aplicado à seleção de sistemas de informação: Uma revisão bibliográfica. *Sistemas e Gestão*, v. 6, n. 3, p. 366–383, 2011. ISSN 1980-5160.
- Miguel, J. P., Mauricio, D., e Rodríguez, G. A review of software quality models for the evaluation of software products. *International Journal of Software Engineering & Application*, v. 5, n. 6, p. 31–53, 2014.
- Moengin, P., Harahap, E. F., Adisuwiry, S., e Fransiska, W. A. Integer linear programming model and algorithm to integrate heuristics scheduling edd, inventory control and distribution problems in a modular production system. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, v. 528, n. 1, p. 012039, 2019.
- Moeuf, A., Pellerin, R., Lamouri, S., Tamayo-Giraldo, S., e Barbaray, R. The industrial management of smes in the era of industry 4.0. *International Journal of Production Research*, v. 56, n. 3, p. 1118–1136, 2018.
- Morabito, R. e Arenales, M. Optimizing the cutting of stock plates in a furniture company. *International Journal of Production Research*, v. 38, n. 12, p. 2725–2742, 2000.
- Nascimento, D. N., Cherri, A. C., Oliveira, J. F., e Oliveira, B. B. The two-dimensional cutting stock problem with usable leftovers and uncertainty in demand. *Computers & Industrial Engineering*, v. 186, p. 109705, 2023.
- Nguyen, T. H., Newby, M., e Macaulay, M. J. Information technology adoption in small business: confirmation of a proposed framework. *Journal of Small Business Management*, v. 53, n. 1, p. 207–227, 2015.
- Oliveira, O., Gamboa, D., e Fernandes, P. An information system for the furniture industry to optimize the cutting process and the waste generated. *Procedia Computer Science*, v. 100, p. 711–716, 2016. ISSN 1877-0509. International Conference on ENTERprise Information Systems/International Conference on Project MANagement/International Conference on Health and Social Care Information Systems and Technologies, CENTERIS/ProjMAN / HCist 2016.
- Petter, R. R. H., Resende, L. M., e de Andrade Júnior, P. P. Comparative analysis on the adoption of innovation in furniture companies. *Independent Journal of Management and Production*, v. 4, n. 1, p. 111–125, 2013.
- Sanan, A. B. e Azizoğlu, M. An integrated two dimensional cutting stock and lot sizing problem with two criteria. *European Journal of Industrial Engineering*, v. 17, n. 5, p. 766–794, 2023.
- Santos, J. V. S. e Nepomuceno, N. Computational performance evaluation of column generation and generate-and-solve techniques for the one-dimensional cutting stock problem. *Algorithms*, v. 15, n. 11, p. 394, 2022.
- Schmidt, P. *Fortalecimento de micro e pequenas empresas é ponto-chave para o desenvolvimento do setor moveleiro nacional*, 2023. Disponível em: <https://setormoveleiro.com.br/fortalecimento-de-micro-e-pequenas-empresas-e-ponto-chave-para-o-desenvolvimento-do-setor-moveleiro-nacional/>. Acesso em: 24/02/2024.
- Silva, E., Alvelos, F., e de Carvalho, J. M. V. Integrating two-dimensional cutting stock and lot-sizing problems. *Journal of the Operational Research Society*, v. 65, n. 1, p. 108–123, 2014.

Tang, M., Liu, Y., Ding, F., e Wang, Z. Solution to solid wood board cutting stock problem. *Applied Sciences*, v. 11, n. 17, p. 7790, 2021.

Toscano, A., Rangel, S., e Yanasse, H. H. A heuristic approach to minimize the number of saw cycles in small-scale furniture factories. *Annals of Operations Research*, v. 258, n. 2, p. 719–746, 2017.

Vanzela, M., Rangel, S., e de Araujo, S. A. The integrated lot sizing and cutting stock problem in a furniture factory. *IFAC Proceedings Volumes*, v. 46, n. 7, p. 390–395, 2013. ISSN 1474-6670. 11th IFAC Workshop on Intelligent Manufacturing Systems.

Wäscher, G., Haußner, H., e Schumann, H. An improved typology of cutting and packing problems. *European Journal of Operational Research*, v. 183, n. 3, p. 1109–1130, 2007. ISSN 0377-2217.