

## GESTÃO DO DESIGN E OTIMIZAÇÃO PRODUTIVA: PROJETO DE EQUIPAMENTO PARA LAPIDAÇÃO DE GEMAS

**Pedro H. Nascimento**

Universidade do Estado de Minas  
Gerais (UEMG)  
Belo Horizonte, MG, Brasil  
phpnascimento@gmail.com

**Maria Regina Álvares C. Dias**

Universidade do Estado de Minas  
Gerais (UEMG)  
Belo Horizonte, MG, Brasil  
regina.alvares@gmail.com

**Adriano Mol**

Universidade do Estado de Minas  
Gerais (UEMG)  
Belo Horizonte, MG, Brasil  
mol.adriano@gmail.com

### RESUMO

Em um projeto de design as soluções produtivas podem ser o meio de não só viabilizar fisicamente um produto, como também aumentar a competitividade, melhorar a aceitação no mercado e trazer diferenciação ao projeto. Utilizando a gestão do design e otimização produtiva. O estudo de caso no setor de equipamentos para lapidação de gemas descrito nesse artigo visa ilustrar como essas estratégias podem ser empregadas de forma a alcançar os objetivos do projeto.

### ABSTRACT

*In a design project, productive solutions can be the means of not only physically enable a product, but also increase competitiveness, improve market acceptance and bring differentiation to the project. Using the management of the design and production optimization. The case study in the equipment sector for the lapidary gems described in this article aims to illustrate how these strategies can be employed in order to achieve the project objectives.*

### 1. INTRODUÇÃO

A gestão do design trata todo o contexto da empresa como um projeto maior e integrado a produtos, serviços, formas de comunicação, produção, entre outros fatores. A gestão do design pode ser definida como a implementação de um programa formal de atividades dentro de

uma corporação por meio da comunicação, da relevância do design para as metas corporativas de longo prazo e da coordenação dos recursos de design em todos os níveis da atividade da empresa para atingir os seus objetivos. [1]

De acordo com o Centro Português de Design (CPD) é papel da gestão de design "ocupar-se de gerir recursos humanos e materiais, desde o nascimento de uma ideia até ao seu lançamento no mercado" [2]. A gestão do design busca no plano empresarial proporcionar organização e clima favoráveis para o nascimento de novos produtos por meio de condições adequadas para seu pleno desenvolvimento.

Os produtos são suporte de informação e nos proporcionam dados sobre sua existência, seu uso, sua procedência e sua qualidade. Contudo, nesse sistema, o produto também pode ser considerado como simples vetor de um super sistema que é o da própria empresa e sua dinâmica. [3]

Quando se trata das empresas de micro e pequeno porte (MPEs) ainda existe muita dificuldade de inserção do design, e consequentemente, a gestão do design é assunto ainda pouco conhecido. Em estudo realizado por Dias; Mineiro; Matos (2012) [4] foram identificados diversos motivos que dificultam a adoção do design como prática sistemática nas MPEs. Pode-se citar: a falta de recursos para contratações qualificadas ou acesso a conhecimentos avançados, a gestão limitada, a falta de cultura de cooperação e experiência com parcerias, a falta de experiência em trabalhar

informações mercadológicas e tecnológicas, e o acesso financeiro limitado [4]. Esses problemas internos das empresas exigem desenvolvimento de soluções para que a empresa continue atuando no mercado.

Um dos importantes gargalos em empresas de menor porte é a viabilização da fabricação de produtos, que por outro lado pode ser facilitada pela adoção da gestão do design. Isso se dá em razão de sua característica de considerar as ações da empresa como um todo, e tem como competência estabelecer caminhos para que o planejamento de desenvolvimento de produtos esteja de acordo com as realidades da empresa.

Exemplos de ações para tal são as estratégias para otimização de projetos, que podem adicionar benefícios em um produto em diversos momentos do ciclo desse produto, seja na produção, no uso e até mesmo no descarte.

## 2. ESTRATÉGIAS PARA OTIMIZAÇÃO DE PROJETOS

Para viabilizar toda uma cadeia produtiva onde foco é a eficiência de modo geral, diversas estratégias foram desenvolvidas com base no conceito de flexibilidade.

A flexibilização é a facilidade de adaptação a diferentes contextos que os sistemas ou componentes têm por meio de modificações e rearranjos [5]. A ideia é que esses sistemas ou componentes trabalhem situações diferentes das quais eles foram projetados com mudanças mais simples possíveis. Essa estratégia possibilita o aumento da vida útil dos produtos, bem como

maior identificação dos usuários com os mesmos, uma vez que o produto é adaptável também à necessidade desses usuários [6].

Existem diversos tipos de flexibilidade [7], sendo mais comuns dois tipos, o primeiro durante o processo de concepção, como na compra de um automóvel onde é possível escolher cor, acessórios e algumas configurações, e o segundo que permite a modificação do produto em longo prazo, permitindo assim que o usuário adapte o produto de acordo com sua necessidade durante o uso. Nessa categoria percebe-se uma visão do design de forma mais sistêmica: "o produto não se limita às transformações anteriores à compra, mas também seu potencial de mutabilidade durante todo ciclo de vida". [7]

Como uma alternativa a uma visão ambígua para a aplicação da flexibilidade na análise das dimensões funcionais dos produtos [8], divide-se em funções de uso, funções técnicas e funções simbólicas, conforme sintetizado na Figura 1.

As funções de uso permitem explorar a flexibilidade por meio de indefinição e/ou simplificação das funções, tornando-se alternativas viáveis no desenvolvimento de produtos mais abertos a alterações e mais duráveis. Já as funções técnicas permitem adaptação e atualização tecnológica visando o prolongamento da vida útil do produto frente às inovações tecnológicas. No campo das funções simbólicas é possível adaptar o produto a valores subjetivos do comportamento humano, como motivações psicológicas, sistemas de valores e referências socioculturais [7].

**FIGURA 1** - Flexibilidade nas funções de uso, técnicas e simbólicas [7]

<b>Flexibilidade</b>	<b>Estratégias de design</b>
Nas funções de uso	Baixa especialização, multifuncionalidade indefinida e simplicidade
Nas funções técnicas	Atualização tecnológica, modularização e transparência
Nas funções simbólicas	Atualização estética e exploração da estética local; Materiais que sofram alterações estéticas positivas ao longo do tempo; Customização, personalização e alteridade

Dessa forma, o produto que possuir o maior número de adaptações possíveis aumenta as chances de ser inserido em um número maior de contextos distintos.

Recursos para estabelecer a flexibilização em um projeto, processos e ações foram desenvolvidos ao longo do processo de evolução da indústria. Para chegar a melhorias do projeto como um todo, o desenvolvimento de soluções passou a atuar em níveis pontuais onde é possível estabelecer benefícios que combinados atuam de forma simultânea em todo o produto.

Para o presente trabalho serão consideradas estratégias pertinentes de aplicação no desenvolvimento de equipamentos de lapidação considerando principalmente aspectos que facilitam processos de montagem, manutenção e adaptação do produto a necessidades variadas, sendo eles:

- Projeto plataforma;
- Design para reparabilidade ou manutenção;
- Design para durabilidade ou perdurabilidade adequada;
- Design para atualização ou adaptabilidade;
- Design por componente;
- Modularidade;
- Multifuncionalidade.

### **Projeto Plataforma**

Consiste no uso de uma plataforma comum que pode dar origem a diversos produtos com a combinação de diferentes componentes. Tal estratégia possibilita a diminuição de custos através da produção de um menor número de componentes, pois é a combinação que proporciona a diversidade. Esse sistema é muito utilizado por diferentes setores industriais, sendo o mais famoso no setor automotivo [9]. Existem plataformas que são compartilhadas entre veículos de uma mesma família de produtos ou mesmo de diferentes marcas quando pertencem a um mesmo grupo empresarial.

### **Design para reparabilidade ou manutenção**

Essa modalidade “objetiva facilitar o acesso e a troca de peças e componentes, tanto em relação aos procedimentos técnico-operacionais no ato da substituição, quanto em termos de

disponibilidade e distribuição de peças de reposição avulsas no mercado” [7].

Tal estratégia de projeto colabora para uma vida útil contínua do produto, uma vez que ela pode ser prolongada com a substituição tanto de componentes que sofrem desgastes com o uso, quanto de componentes mais duráveis que sofrem avarias não esperadas.

### **Design para durabilidade e perdurabilidade**

O mesmo conceito da estratégia anterior também colabora para a durabilidade e perdurabilidade, uma vez que essa visa aplicar materiais para que o produto mantenha-se funcional conforme a passagem do tempo, sendo que a equalização desse tempo de uso é importante. Dessa forma, o projeto leva em consideração os aspectos de eficiência para que os produtos e seus componentes tenham uma vida útil coerente com o uso, caso contrário essa discrepância resultaria em um desperdício [10].

### **Design para atualização e adaptabilidade**

Através dessa estratégia um produto pode acompanhar evoluções tecnológicas e mudanças de comportamento de uso por meio de adaptação pontual daquilo que é necessário, aumentando assim também o tempo de uso do produto ou de boa parte dele. Logo, oferecer recursos que possam substituir recursos insatisfatórios ou adicionar mais recursos aos produtos é uma estratégia inteligente para aumento da vida útil de um produto, bem como torná-lo mais adaptável a novas condições de aplicação, como a evolução técnica do usuário.

### **Design por componente**

Trata-se do desenvolvimento partindo de componentes vinculados aos aspectos funcionais do produto. “O processo de projeto começa com a análise de objetos desmontados, pertencentes à mesma tipologia, utilizando-se conceitos associados à engenharia reversa” [7]. Essa estratégia possibilita a produção de cada parte do produto em uma empresa terceirizada diferente de acordo com a expertise de cada uma; na sequência elas são enviadas para um lugar onde

é feita a montagem, que pode ser também terceirizada ou diretamente ligada à empresa da marca que comercializa o produto.

## Modularidade

Trata-se da combinação de um conjunto de elementos padrão em formas diversificadas para atender a demandas pessoais, espaciais e temporais [7]. Esse recurso se torna mais eficiente quando apresenta facilidade de modificação por meio do usuário de forma ágil para que ele usufrua das possibilidades, com frequência, caso necessite ou deseje.

## Multifuncionalidade

Quanto à multifuncionalidade o principal benefício é reduzir fisicamente a quantidade de produtos concentrando em um só com diversas funções. Nesse sentido, é inegável que a evolução da tecnologia proporcionou a desmaterialização de determinados produtos por meio da convergência digital nas telas sensíveis ao toque e seu emprego aos diferentes usos por meio de *softwares* que são capazes, quando combinados aos *hardwares* de dispositivos como *smartphones* e *tablets*, exercerem as mais variadas funções.

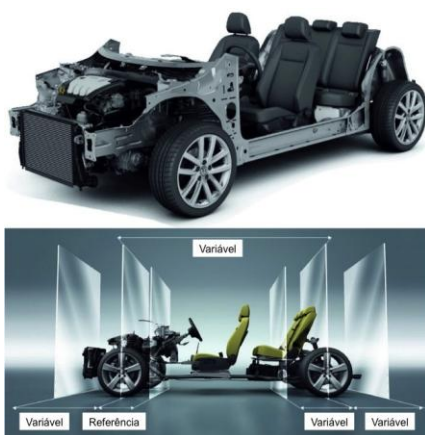
Como estudo de caso da aplicação de estratégias de otimização produtiva por meio da gestão do design, será utilizado o Projeto IDEAL - Inovação de equipamentos de lapidação pela inserção do design, ergonomia, novos materiais e processos. O projeto teve como objetivo desenvolver uma linha de máquinas de lapidação com diversos aperfeiçoamentos, pela condução de P&D colaborativo com equipe multidisciplinar constituída de especialistas em lapidação, engenharia de produção, mecânica, engenharia de materiais e design de produto. [11]

O projeto resultou na produção de protótipos de diferentes versões das máquinas para testes e cinco registros no INPI, sendo duas patentes de modelos de utilidade e três registros de desenhos industriais.

A etapa final do Projeto, atualmente em fase de negociação, é transferir a tecnologia para empresa nacional do setor. As chances de inovar para a MPEs estão nas parcerias com as universidades e instituições de pesquisa, mediante o apoio de órgão de fomento à pesquisa e promoção, como o CNPq, Sebrae e a Finep. Além da parceria, um dos elementos mais favoráveis à inovação é a densidade do tecido industrial que favorece as interações entre empresas de setores e tamanhos diferentes [12].

**FIGURA 2** – Exemplos de estratégias:

(a) plataforma (automotiva da vw), (b) reparabilidade ou manutenção (*skate*) e (c) design por componente (*notebook macbook pro*)



(a)



(b)



(c)



### 3. ESTUDO DE CASO: PROJETO IDEAL

O alcance do setor de gemas e joias está muito além da criação e produção de peças que vão figurar em vitrines de joalherias e enfeitar pessoas. A cadeia produtiva como um todo se compõe de diferentes processos para permitir que o material passe de seu estado bruto e se transforme em um desejo de consumo. Entretanto, existe uma discrepância entre o produto final e os processos dos componentes desse produto em sua fabricação.

Enquanto a joia está cercada de simbolismo e, muitas vezes de luxo, os componentes são fabricados por processos rudimentares em ambientes que, na maioria das vezes, não atendem às necessidades dos trabalhadores envolvidos. No processo de desenvolvimento dos equipamentos para a transformação do material bruto em componentes para joias, o esforço é menor quando comparado ao desenvolvimento das jóias.

#### Estado da arte dos equipamentos do mercado

Apesar de existirem empresas com capacidade de investimento em pesquisa e desenvolvimento para projetar máquinas de lapidação, o mercado brasileiro se caracteriza pelo projeto e produção de máquinas de maneira

artesanal e incorporação de melhorias técnicas através do método de tentativa e erro.

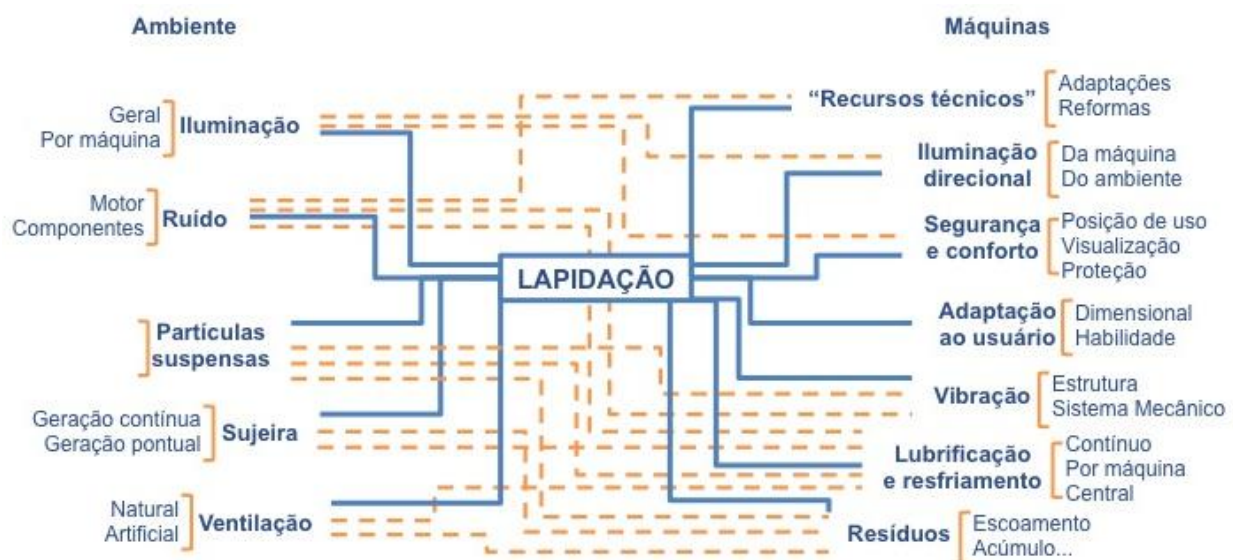
Com frequência, serralheiros se tornaram fabricantes de maquinários baseados somente na experiência de fabricar adquirida na construção de elementos em metal e serralheria sem o prévio conhecimento do processo de lapidação.

Essas máquinas, que em sua maioria apresentam problemas construtivos para a boa eficiência no processo de lapidação, se encontram presentes no mercado pelo baixo preço de venda e facilidade de manutenção. Isso se justifica porque cerca de 70% dos possíveis clientes dessas máquinas são pequenas empresas encontradas no interior do Brasil [13]. Com isso, o acesso a equipamentos de melhor qualidade é limitado, seja pela falta de informação, dificuldade da aquisição ou falta de recursos para adquiri-los.

Outro aspecto crítico está nos problemas ergonômicos dos equipamentos. Uma análise da situação de trabalho em diversas empresas foi realizada na fase inicial do projeto para diagnosticar os principais pontos negativos e aqueles que mais impactam e prejudicam a atividade da lapidação, como mostra a Figura 3.

Verificou-se que algumas empresas adotam soluções improvisadas, desenvolvidas por elas próprias para atenuar os problemas relacionados ao usuário-equipamento.

**FIGURA 3** – Mapa mental da relação de problemas entre o ambiente e os equipamentos de lapidação.



Os usuários utilizam recursos simples, improvisados e disponíveis para minimizar os problemas dos equipamentos, como o uso de embalagens descartáveis, tubos de PVC, papelão, sacos plásticos e fita adesiva. Essas modificações melhoram a condição de uso quando comparadas à configuração original, contudo, são interferências que nem sempre solucionam problemas mais sérios, como a segurança e os constrangimentos posturais dos operadores.

Em geral, as soluções contemplam sistemas para armazenamento e distribuição da água que é usada como lubrificante para evitar o aquecimento das pedras e das ferramentas durante a fresagem, o acolchoamento ou ampliação da área de apoio dos braços para melhor o conforto do usuário, sistemas de direcionamento da luz da máquina para evitar ofuscamento durante a lapidação e barramento dos respingos da água lubrificante.

Outro grupo de problemas envolve todo o entorno onde o equipamento está instalado. Vale ressaltar que o ruído e resíduos suspensos podem atingir também ambientes adjacentes ao onde o equipamento foi instalado. Verificou-se que os principais pontos negativos são: a presença de resíduos em suspensão no ar e na forma de sujeira dos planos de trabalho, piso e demais áreas próximas. Com isso, é desejável que o local seja ventilado por vias naturais ou por sistema de controle.

A vibração excessiva é outro problema recorrente nos equipamentos de lapidação e “pode ser causado pela estrutura leve da máquina ou por problemas e inadequações no sistema mecânico. Além de ser prejudicial à saúde do trabalhador a vibração compromete a qualidade final das gemas lapidadas” [13]. A vibração colabora para outro problema, o ruído que também é incômodo.

Outro ponto importante é a iluminação dos ambientes de lapidação que, em sua maioria, apresenta inadequações. Em alguns casos, a luminária não faz parte do equipamento, ela é inserida após a aquisição e de maneira improvisada. Em outros, ela é inserida no projeto original do equipamento sem planejamento, causando incômodo e ofuscamento durante o uso e exigindo soluções paliativas para se obter maior conforto dos usuários.

## O processo da lapidação

A lapidação de gemas pode ser considerada uma atividade tecnologicamente simples que envolve combinações variadas dos processos mecânicos de serra, fresamento, retificação, lixamento, lapidação e polimento, com diminuição progressiva da rugosidade superficial das gemas por meio do emprego de uma série de equipamentos, como máquina de serra, formatação, corte fino e polimento [11].

Apesar de uma divisão explícita em etapas, não possui uma definição formal quanto a essas etapas. Em alguns casos ela é dividida em formatação, onde a pedra tem suas dimensões finais aproximadas trabalhadas, e facetamento, etapa na qual as dimensões finais são refinadas e as faces recebem o acabamento final. Em outros casos o processo é dividido em etapas de acordo com o tipo de equipamento utilizado, por mais que o objetivo final do uso de diferentes equipamentos seja o mesmo. Para facilitar o entendimento, considerou-se nesse estudo um modelo de processo de lapidação baseado em etapas de acordo com o objetivo e cada qual vinculada ao tipo de equipamento utilizado, como na Figura 4.

De modo geral, o sistema das máquinas de lapidação utilizadas nas diversas fases do processo é muito similar e consiste basicamente em um motor que gira uma ferramenta geralmente em forma de disco. Entretanto, cada etapa possui características produtivas próprias com funcionalidades específicas, fazendo com que as máquinas possuam um pacote de atributos para suprir essas necessidades.

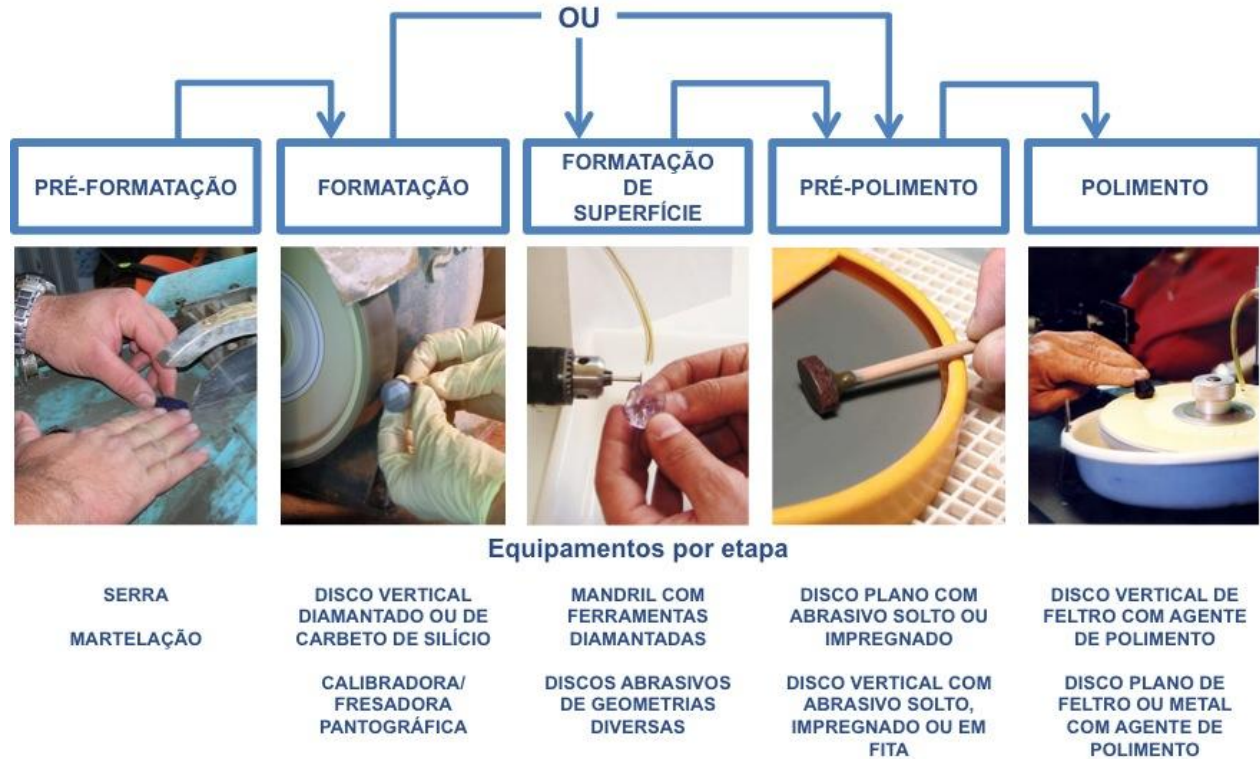
O processo de lapidação inicia-se na seleção da pedra bruta conforme foi extraída na mineração e depois cortada em blocos próximos das dimensões da pedra. Essa primeira etapa foi definida como pré-formatação e pode ser feita por meio de serragem ou por quebra com martelo, isso dependendo do tipo da pedra, pois o objetivo dessa etapa é reduzir as dimensões para o trabalho nas próximas etapas, não necessariamente formatá-la de acordo com sua configuração final.

Já na etapa seguinte, a formatação, o objetivo é deixar a pedra bem próxima ao formato final desejado já com as faces que receberão o acabamento final pré-definidas. Os

equipamentos utilizados na formatação são equipados com discos abrasivos onde as pedras são desbastadas na superfície da lateral do disco. Para aumentar a produtividade dos formatos de pedra mais comuns do mercado, também são

utilizadas copiadoras pantográficas onde uma pedra já lapidada é utilizada como gabarito para copiar nas demais pedras que são encaixadas na máquina.

**FIGURA 4** - Esquema das fases do processo de lapidação e os equipamentos empregados



Quando existe algum trabalho específico escultural na pedra, após passar pela formatação a pedra vai para a formatação de superfície, onde são utilizadas brocas diamantadas, pequenos discos de corte e outras ferramentas de esculpir por meio de trabalhos manuais. Se no modelo final não existe um trabalho escultural específico, a pedra vai direto da formatação para as etapas finais de acabamento superficial. A primeira etapa de acabamento superficial é o pré-polimento. Nela a rugosidade das superfícies formadas nas etapas anteriores é diminuída com o uso de discos que desbastam com mais suavidade devido aos abrasivos que são utilizados. Esses abrasivos podem ser impregnados diretamente nos discos, colados por

fitas ou mesmo utilizados soltos em pó ou misturados a água formando uma consistência pastosa. Para finalizar o processo, a gema passa pelo polimento das faces. Nessa etapa são utilizados discos menos abrasivos, como feltro e resina somados à agentes químicos de polimento.

Ao fim dessa etapa as pedras estão em condições de uso para a joalheria, objetos decorativos e outros mercados que utilizem pedras em seus produtos. Em resumo, a Figura 5 mostra as diversas etapas do processo de transformação da pedra bruta, como na natureza, passando pela formatação geral, depois pela lapidação e por fim aplicada na jóia final.

**FIGURA 5** - Transformações sofridas pela gema no processo de lapidação



### Conceito funcional dos equipamentos do Projeto IDEAL

Na fase inicial do projeto foram definidos os requisitos e tipologia construtiva para a máquina de lapidação. Foram desenvolvidos os grandes grupos de peças e componentes que compõem as máquinas como um todo: sistema completo, componentes específicos ou subsistemas.

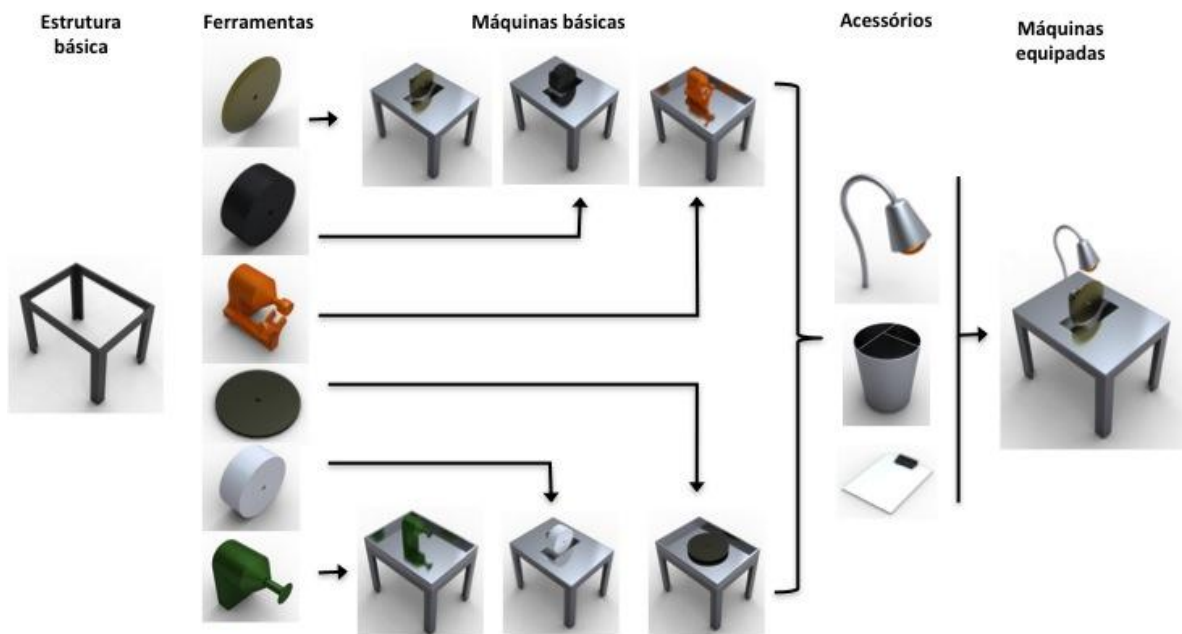
O conceito funcional foi baseado no sistema plataforma de peças intercambiáveis para diferenciação de cada máquina focada na sua etapa da lapidação de pedras e na possibilidade de todas as máquinas trabalharem juntas em um mesmo sistema de fornecimento de força motriz (uso do compressor único para todo um sistema de máquinas com motores a ar).

### Sistema de modulação

O projeto dos sistemas completos consiste nas partes da máquina a que foram mantidas no sistema plataforma, ou seja, a base que será igual para todos os modelos de equipamentos onde serão montados os componentes específicos para cada função vinculada à etapa do processo de lapidação (Figura 4).

Com essa estratégia projetual, foi possível estabelecer um novo parâmetro de qualidade do equipamento, além de mantê-lo nos padrões de preços atuais e vislumbrando diferentes perspectivas produtivas como em um sistema de plataforma.

**FIGURA 6** – Representação esquemática do projeto plataforma dos equipamentos de lapidação





De modo geral, as máquinas avaliadas apresentam problemas de postura dos usuários, dificuldade de acessos na superfície de trabalho, falta de organização, desconforto de apoios e posicionamento de membros, acúmulo de sujeira, dificuldade de higienização, excesso de vibração, desgaste de peças e componentes. Esses problemas fazem parte da estrutura das máquinas e não necessariamente das partes que variam de acordo com a função exercida.

Nesse caso, a resolução dos problemas se torna mais eficiente se feita de forma a permear todos os equipamentos, seguindo um sistema de plataforma. O projeto plataforma busca sistematizar uma cadeia produtiva, de forma a oferecer maior diversidade de produtos no portfólio com a menor variação de peças e componentes possível através da adaptação de uma estrutura básica a diferentes funções e aplicações ao adicionar componentes que completem essa estrutura de acordo com o contexto [9]. Assim, o sistema plataforma é uma solução que possibilita o compartilhamento de componentes dessa estrutura nos equipamentos de todas as etapas, resolvendo assim os principais problemas identificados de uma só vez.

Além do compartilhamento de soluções, o sistema plataforma permite o aumento da competitividade do produto através do aumento

da escala produtiva (menor variação de peças), maior facilidade de padronização (garantia da qualidade), simplificação da manutenção (compartilhamento de peças) e ampliação de funções e benefícios do equipamento de acordo com a necessidade (adaptação ao usuário por meio de acessórios).

### **Componentes e subsistemas**

Visando aplicar os conceitos de otimização produtiva selecionados nos equipamentos, o projeto plataforma, um lógica por meio de componentes e subsistemas foi desenvolvido para o equipamento. Dessa forma, foi definida uma estrutura básica, composta por pés e tampo da área de trabalho, em volta da qual seriam desenvolvidas as demais partes para diferenciação da função do equipamento, necessidade mecânica e eficiência para cada etapa.

Dentre as modificações mais importantes pode-se destacar, por exemplo, a posição do sistema motriz, que de acordo com a demanda pode ser instalado na vertical ou horizontal dependendo da etapa do processo de produção, na formatação ou polimentos das gemas (Figura 7).

**FIGURA 7** – Representação esquemática da estrutura básica e posicionamento dos discos nos equipamentos com (a) disco vertical e (b) equipamentos com disco horizontal



Além dessa modificação, variações como sistema de gerenciamento de resíduos na máquina ou no ambiente, troca simplificada dos diferentes discos para as etapas do processo de lapidação e componentes para melhorias de uso do produto como luminárias.

Todas as variações são implementadas a partir de um mesmo componente central, a estrutura básica, portanto tanto ela quanto os componentes foram desenvolvidos de forma a se adaptarem mutuamente de forma ao serem montadas integram um conjunto único, seja no funcionamento ou na percepção visual.

As adaptações dessas melhorias proporcionaram ao conjunto de equipamentos os seguintes benefícios:

- Dar opção de uso de funções ao lapidário, como por exemplo, utilizar sistema de lubrificação e escoamento interno ao produto ou integrado ao ambiente instalado;
- Substituição dos discos com mais velocidade para uso de uma mesma máquina para diferentes etapas do processo e adaptabilidade a discos com diferentes orifícios centrais oferecidos no mercado;
- Sistemas de organização dos materiais a serem trabalhados nas máquinas para otimização do tempo em cada etapa;

- Iluminação flexível para ser usada tanto durante o processo de lapidação, quanto para avaliar a evolução do trabalho nos intervalos do beneficiamento.

Além desses benefícios pontuais, o sistema que integra todas essas opções proporcionou um produto que facilita a manutenção, uma vez que as peças compartilhadas podem ser substituídas entre as máquinas e simplifica a estocagem de peças sobressalentes, seja pelos fornecedores do equipamento ou mesmo os lapidários.

### **Modelos e protótipos para verificação**

O trabalho das diferentes etapas em paralelo favoreceu a resolução de problemas de uma forma mais ágil e dinâmica, sendo que cada etapa projetual colabora para a melhoria da outra.

No modelo volumétrico em papelão (*mock-up*) o detalhamento de sistemas e componentes foi básico, contemplando a realização de testes ergonômicos e de usabilidade (Figura 8). Foram avaliadas as posturas dos usuários durante a atividade, avaliadas as dimensões e envoltórios da mesa de trabalho, dentre outras questões de dimensionamento.

**FIGURA 8** – *Mock-us* de papelão para verificações ergonômicas com indivíduos de diferentes percentis antropométricos



**FIGURA 9** – Protótipos elaborados em diferentes etapas de construção da máquina e para diferentes avaliações



Para os protótipos subseqüentes, mostrados na Figura 9, a complexidade aumentou. No segundo modelo, que foi o primeiro protótipo funcional construído, já foram desenvolvidas peças metálicas que serão utilizadas na linha de produção, mas ainda sem pintura, pois o principal objetivo dessa etapa é compreender se a construção da estrutura está de acordo com o esperado. O foco principal foi a avaliação da resistência, equilíbrio, montagem dos componentes e uso básico para analisar especificação de materiais e processos, e verificar se estão de acordo com a atividade do lapidário. Ou seja, testar se o equipamento é resistente às forças de tração e torção aplicadas pelo usuário durante o processo de lapidação, uma vez que ele pressiona pedra contra as ferramentas e em alguns momentos exerce força sobre o sistema.

O terceiro e último modelo é um protótipo já com os ajustes e modificações levantados no modelo anterior, e adaptado para a entrada do produto em linha de produção. A análise desse modelo resultou em mudanças limitadas a especificações de detalhes de aparência, como aplicação de pintura, ou algum ajuste simples, mesmo que seja funcional. Esse protótipo ainda será testado o mais próximo possível do uso cotidiano dos lapidários, uma vez que a

usabilidade já foi testada no anterior. A ideia é aferir a resistência do equipamento considerando eventos que não aconteceriam em testes de laboratório tradicionais, como o uso do equipamento em um piso não ideal, o efeito de sujeira e umidade na superfície de equipamento e teste de limpeza após um acúmulo grande de resíduos da lapidação.

#### **4. CONCLUSÃO**

Considerando as informações apresentadas, pode-se dizer que a falta de um processo mais rigoroso no desenvolvimento é que compromete a qualidade do setor de equipamentos de lapidação de menor valor. Como a maioria dos equipamentos é construída por meio de conhecimento adquirido pelo processo de tentativa e erro, não existe planejamento para a seleção do que é o melhor para o produto; com isso ocorre demasiado desperdício que pesa no valor final. Na tentativa de manter os valores competitivos nesse mercado, os produtores de máquinas de lapidação lançam mão dos mais variados recursos possíveis para diminuir custos, existindo inclusive casos em que são utilizados descartes provenientes de ferros velhos, impossibilitando, por exemplo, a padronização dos equipamentos.

Caso o mercado não evolua nesse aspecto, quem continuará a perder é a cadeia completa de gemas e joias. Pois, com equipamentos não adequados a qualidade do trabalho fica inferior ao que é possível ser oferecido pelos lapidários, diminuindo o valor das gemas ofertadas, enfraquecendo o mercado pontual da lapidação. Porém podemos identificar consequências até na ponta do setor joalheiro, uma vez que a qualidade do produto final da loja passa pela lapidação. Logo, melhora-se a qualidade da lapidação, a tendência é que a qualidade final da joia também melhore, já que um de seus componentes mais importantes está com mais qualidade: a gema lapidada.

### AGRADECIMENTOS

A equipe do Projeto IDEAL agradece ao CNPq pelo aporte financeiro do projeto. Os autores agradecem ao Programa de Pós-graduação em Design da Escola de Design da UEMG. Ao apoio da Capes e da Fundação Renato Azeredo (Framinas) no custeio da pesquisa, participação e apresentação do trabalho neste evento (IDEMI 2015).

### REFERÊNCIAS

- [1] Mozota, B. B., 2011, "Gestão do design: usando o design para construir o valor de marca e inovação corporativa". Porto Alegre: Bookman.
- [2] Centro Português de Design, 1997, "Manual de gestão de design". Porto: Centro Português de Design.
- [3] Quarante, D., 1992, "Diseño industrial 2: elementos teóricos". Barcelona: Ed. CEAC.
- [4] Dias, M. R. A.; Mineiro, E. F.; Matos, S., 2012, "Mapa estratégico para inovação e competitividade em MPEs articulado pelo design". In: Anais do 10º Congresso Brasileiro de

Pesquisa e Desenvolvimento, São Luis.

- [5] Guedes, G. M., 2008, "Flexibility: design in a fast changing society". Torino: Umberto Allemandi.

- [6] Marlet, J. V., 2005, "Diseño ecológico". Barcelona: Blume.

- [7] Rios, I. G. T., 2011, "Requisitos ambientais no processo de design de produtos eletrônicos: contribuições para gestão da obsolescência". 2011. 144 f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Design, Programa de Pós-Graduação em Design da Universidade do Estado de Minas Gerais, Belo Horizonte.

- [8] Lobach, B., 2001, "Desenho industrial: bases para a configuração de produtos industriais". São Paulo: Blucher.

- [9] Meyer, M. H., 1997, "Revitalize your product lines through continuous platform renewal". Research Technology Management; Mar/Apr; 40 (2); ABI/INFORM Global p. 17.

- [10] Manzini, E; Vezzoli, C., 2008, "O desenvolvimento de produtos sustentáveis: os requisitos ambientais dos produtos industriais". 3. Ed. São Paulo: Edusp.

- [11] Mol, A. A., 2009, "Projeto IDEAL - Inovação de equipamentos de lapidação pela inserção do design, ergonomia, novos materiais e processos". Coordenação Adriano Mol. Projeto de Pesquisa. Edital MCT / CT – Mineral / VALE / CNPq n. 12/2009, Belo Horizonte.

- [12] Maculan, A. M., 2008, "Características da inovação nas micros e pequenas empresas". Entrevista. In: T&C Amazônia, ano VI (13).

- [13] Maciel, M. S. M., 2012, "Mapeamento de diretrizes ergonômicas para o desenvolvimento de equipamentos de lapidação". 62 f. Trabalho de Conclusão do Curso (Design de Produto) – Escola de Design, Universidade do Estado de Minas Gerais, Belo Horizonte.