

Eixo Temático: Inovação e Sustentabilidade

AVALIAÇÃO AMBIENTAL DE UMA INDÚSTRIA DE BENEFICIAMENTO DE GEMAS

ENVIRONMENTAL ASSESSMENT OF A GEM PROCESSING INDUSTRY

Fernanda Cristina Wiebusch Sindelar, Simone Stülp e Júlia Elisabete Barden

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo identificar, sob o ponto de vista ambiental, os principais pontos críticos da atividade de uma indústria beneficiadora de gemas. Para tanto, realizou-se acompanhamento e análise do processo de beneficiamento de gemas, em uma empresa de pequeno porte localizada no município de Teutônia/RS. Os procedimentos utilizados para a avaliação foram: elaboração do fluxograma do processo produtivo e o inventário de entradas e saídas do processo através da quantificação do consumo de materiais utilizados, do volume de resíduos gerados, e da quantidade beneficiada de gemas. Os resultados indicaram que durante o processo é gerado um volume significativo de lodo, sobram resíduos de gemas (cacos e cascas) que dificilmente são reaproveitados, além de serem produzidas muitas peças com defeitos, pois as gemas são sensíveis e irregulares.

Palavras-chave: avaliação ambiental, pontos críticos, beneficiamento de gemas.

ABSTRACT

This study aimed to identify, from the environmental point of view, the main critical points of the activity of a gem processing industry. Therefore, there was carried out the monitoring and analysis of gem processing, in a small company located in the town of Teutonia/RS. The procedures used for the evaluation were: elaboration of a flowchart of the productive process and inventory of inputs and outputs of the process by quantifying the consumption of the material used, the volume of generated waste, and the amount of the processed gems. The results indicated that during the process a significant volume of sludge is generated, there are waste leftover gems (shards and shells) that hardly are reused, besides being produced many pieces with defects, because the gems are sensitive and irregular.

Keywords: environmental assessment, critical points, gem processing.

Introdução

Nas últimas décadas, devido o agravamento da degradação ambiental e o esgotamento de recursos naturais não renováveis, um novo desafio para as sociedades tem sido a busca por uma produção e um consumo sustentável. Neste contexto, as empresas possuem um papel fundamental, pois, ao mesmo tempo em que são responsáveis pela produção de bens e serviços que satisfazem as necessidades humanas, também são responsáveis por consumir uma quantidade significativa de materiais e gerar resíduos que são dispostos na natureza. Sendo assim, as empresas precisam encontrar mecanismos para tornar os processos produtivos mais eficientes e menos poluidores.

Dentre as atividades produtivas, uma que se destaca na economia do Rio Grande do Sul, devido a sua capacidade de geração de emprego e renda, é associada ao setor de gemas e joias. O Estado é o maior produtor de gemas coloridas sem cortes do Brasil e um dos principais produtores de ágata e ametista. Contudo, apesar da importância do setor no mercado nacional e internacional, as empresas que atuam nesse segmento são de pequeno porte, atuam na informalidade e têm desenvolvido suas atividades em meio a diversas dificuldades, entre as quais se destacam: a baixa produtividade, a falta de padronização, o uso reduzido de tecnologias, a comercialização de produtos com baixo valor agregado, o elevado volume de resíduos gerados, entre outros (BATISTI; TASCH, 2010; FOLLE et al., 2010; SORTI; MAZON, 2011; IBGM, 2015).

Diante desse quadro, apesar da importância das empresas de beneficiamento de gemas em termos econômicos nas regiões em que estão instaladas, elas precisam realizar aprimoramentos nos processos de produção e investimentos em tecnologias, buscando melhorias no fluxo de materiais e a redução das perdas. Além disso, o setor ainda tem enfrentado dificuldades para atender a legislação e a gestão do passivo ambiental decorrente da atividade. Mas afinal, qual é o impacto ambiental gerado por essas empresas?

Buscando contribuir com essa temática, o objetivo deste trabalho foi identificar, sob o ponto de vista ambiental, os principais pontos críticos da atividade de uma indústria beneficiadora de gemas por meio da realização de um inventário das entradas e saídas do processo produtivo.

Revisão de literatura

O crescimento das economias depende diretamente do desempenho das indústrias, sendo elas responsáveis pelo fornecimento de parte dos bens e serviços utilizados para satisfazer as necessidades humanas. Contudo, para isso, a indústria, além de extrair matérias-primas da base natural utilizada na produção de bens, também deposita no meio ambiente os resíduos e poluição decorrentes do processo de produção (CMMAD, 1991).

Em consequência, as empresas são as principais responsáveis pelos problemas ambientais e pela diminuição e transformação dos recursos naturais, pois utilizam insumos extraídos da natureza para a produção de bens que irão satisfazer as necessidades da população (KRAJNC; GLAVIC, 2003; DIAS, 2011). Nesse sentido, Krajnc e Glavic (2003) salientam que os aspectos ambientais devem ser incorporados à cultura da organização e ao planejamento da atividade em todos os seus níveis, desde a concepção, fabricação e distribuição de um produto, até a sua eliminação, considerando a avaliação de todo o ciclo.

A Agenda 21, em seu capítulo 31, estabelece que uma das principais prioridades das indústrias e do setor de comércio deve ser a manutenção do meio ambiente para contribuir com o desenvolvimento sustentável. Por esse motivo, eles cumprem um papel fundamental na busca pela redução do uso de recursos e dos impactos sobre o meio ambiente através da introdução de processos produtivos mais eficientes, de estratégias preventivas, do uso de

procedimentos e de tecnologias mais limpas de produção ao longo do ciclo de vida do produto, de forma a minimizar ou não gerar resíduos (BRASIL, 1992).

Assim, a busca pela sustentabilidade tem se transformado em um novo desafio para as indústrias de transformação devido à possibilidade de esgotamento dos recursos naturais e energéticos, da degradação do meio ambiente global, e à busca de melhor qualidade de vida dos seres humanos. Nessa circunstância, os processos de produção precisam tornar-se sustentáveis, pois, embora contribuam para a melhoria dos padrões de vida da população ao fornecerem bens fundamentais, também são a principal fonte de consumo de recursos naturais e de geração de resíduos, inclusive tóxicos, prejudiciais ao meio ambiente (FENG; JOUNG, 2009).

Chen et al. (2012) afirmam que, na última década, as indústrias têm sido levadas a considerar em seu planejamento, além dos benefícios econômicos, também questões sociais e ambientais para atender uma demanda da sociedade. A responsabilidade socioambiental deve ser compreendida como uma extensão da empresa, devendo estar presente em todas as decisões e atividades (ALIGLERI; ALIGLERI; KRUGLIANSKAS, 2009). Por isso, os produtores têm estabelecido como meta desenvolver processos produtivos que minimizem os impactos ambientais, garantindo a manutenção dos benefícios sociais e econômicos (CHEN et al., 2012; JOUNG et al., 2012), o que tem sido possível através da implementação de técnicas e ferramentas que visem uma produção sustentável.

Conforme a CMMAD (1991), o desenvolvimento industrial, para ser sustentável, precisa tornar-se mais eficiente no uso de recursos com o intuito de minimizar a geração de resíduos, priorizar o uso de recursos renováveis em substituição aos não renováveis e reduzir os impactos negativos sobre a saúde do homem e sobre o meio ambiente.

Dias (2011) afirma que a gestão ambiental, entendida como a gestão empresarial orientada a evitar, quando possível, a geração de problemas ambientais, é o principal instrumento para obter um desenvolvimento industrial sustentável. Seu objetivo é almejar que os efeitos ambientais não sejam maiores que a capacidade de carga do meio onde a organização está inserida, de modo a alcançar o desenvolvimento sustentável.

Assim, uma empresa será mais sustentável quando atender não somente aos seus interesses financeiros, mas também a interesses sociais e ambientais das comunidades e/ou regiões onde estão inseridas. Em outras palavras, quando suas atividades forem desenvolvidas em um contexto ambientalmente correto, não poluente, no qual se busca aumentar a eficiência na utilização dos recursos consumidos e o bem-estar dos funcionários, garantindo sua qualidade de vida, além, é claro, de serem economicamente viáveis.

Essas condições poderão ser alcançadas pelas empresas através do uso de tecnologias limpas e de estratégias que tornem os processos mais eficientes, como, por exemplo, através da adoção de ferramentas que visem a P + L, através da adoção de estratégias preventivas que busquem utilizar os recursos de forma mais eficiente e reduzam a geração de resíduos. Mas também através da realização da avaliação do ciclo de vida (ACV), a qual se foca nos aspectos ambientais, visto que prevê a avaliação de todo o ciclo de vida de um produto, desde a extração e aquisição de matérias-primas, manufatura, uso, tratamento de fim de vida até a disposição final.

A ACV busca analisar a relação complexa que existe entre um determinado produto e o meio ambiente, através da investigação dos aspectos ambientais e dos impactos potenciais relacionados ao ciclo de vida do produto (ABNT, 2014; CHEHEBE, 2002). Nos impactos ambientais considera-se a utilização de recursos, a saúde da população e as consequências ecológicas (ABNT, 2014).

Diante disso, as empresas também têm utilizado essa ferramenta visando melhorar o seu desempenho ambiental, pois esse ciclo demonstra a troca de materiais e energia com o meio ambiente. Através desse procedimento, busca-se realizar a avaliação ambiental do

produto, desde a extração do material até a sua fabricação, seguida da sua utilização e finalmente, da sua reciclagem e descarte.

Essa avaliação incluiu tanto a realização da quantificação de entradas (materiais e energias), como de saídas (resíduos) do processo para todas as etapas do ciclo de vida de um produto. Inclui também, uma avaliação dos impactos ambientais, em termos locais e globais e suas consequências sobre seres vivos, o meio ambiente e as reservas de recursos (CALLISTER; RETHWISCH, 2013). Assim, a ACV pode ser caracterizada como uma ferramenta que auxilia na avaliação dos impactos ambientais de produtos ou serviços.

Um bem, para cumprir com sua função, precisa ser projetado, fabricado e chegar aos seus usuários. Para a fabricação de um produto, inicialmente é necessária a extração dos recursos naturais, os quais deverão ser transformados em materiais, componentes ou substâncias auxiliares, infraestrutura produtiva e mão de obra. No momento em que o produto perde sua utilidade, ele deve ser reciclado, reutilizado em outros bens ou descartado. No entanto, todas essas atividades desenvolvidas utilizam recursos e geram impactos ambientais. Por isso, buscando identificar os impactos totais de um determinado produto ou serviço no meio ambiente, torna-se necessário realizar a avaliação do ciclo de vida (HAUSCHILD; JESWIET; ALTING, 2005).

As escolhas e decisões de uma empresa podem influenciar diversos atores durante o ciclo de vida de um determinado produto. Em consequência, em um contexto de busca pela sustentabilidade, as empresas passam a ser não somente responsáveis pelos seus processos produtivos, mas também pelos processos desenvolvidos pelos seus fornecedores para atender as suas demandas. Em outras palavras, a responsabilidade envolve desde a cadeia de insumos (a montante) até o final da vida do produto (a jusante), pois uma empresa que tem por objetivo atuar em um contexto sustentável deve ter presente todos os impactos que sua atividade pode causar. Como a ACV leva em consideração uma perspectiva holística, ela se caracteriza como uma ferramenta de apoio à tomada de decisão nas empresas que procuram desenvolver suas atividades em uma direção sustentável (HAUSCHILD; JESWIET; ALTING, 2005).

Embora a metodologia para ACV tenha sido desenvolvida inicialmente no final da década de 1960 e início da década de 1970, período em que emergem os debates e as preocupações sobre os problemas ambientais em decorrência do processo de produção capitalista, conforme exposto anteriormente, é a partir da década de 1990 que diversos grupos de pesquisadores passam a preocupar-se com o desenvolvimento de uma metodologia padrão (HAUSCHILD; JESWIET; ALTING, 2005).

Assim, a ACV é uma ferramenta que pode ser utilizada pelas empresas que desejam identificar oportunidades de melhorias em termos ambientais, uma vez que leva em consideração as diferentes etapas de um sistema produtivo, auxiliando na redução do consumo de recursos e na geração de resíduos.

Metodologia

Para o desenvolvimento do trabalho, inicialmente realizou-se acompanhamento e análise do processo de beneficiamento de gemas, em uma empresa de pequeno porte localizada no município de Teutônia/RS, com o intuito de obter maiores informações sobre a atividade, compreender o funcionamento do processo produtivo e identificar pontos críticos. Em seguida, elaborou-se o fluxograma do processo para compreender as etapas necessárias para o beneficiamento das gemas, assim como, identificar os tipos de resíduos gerados em cada uma dessas etapas.

Em seguida, iniciou-se a coleta de dados para quantificar o consumo de materiais utilizados no processo, o volume de resíduos gerados, e a quantidade beneficiada de gemas. Essa quantificação foi realizada com base em um levantamento de informações primárias,

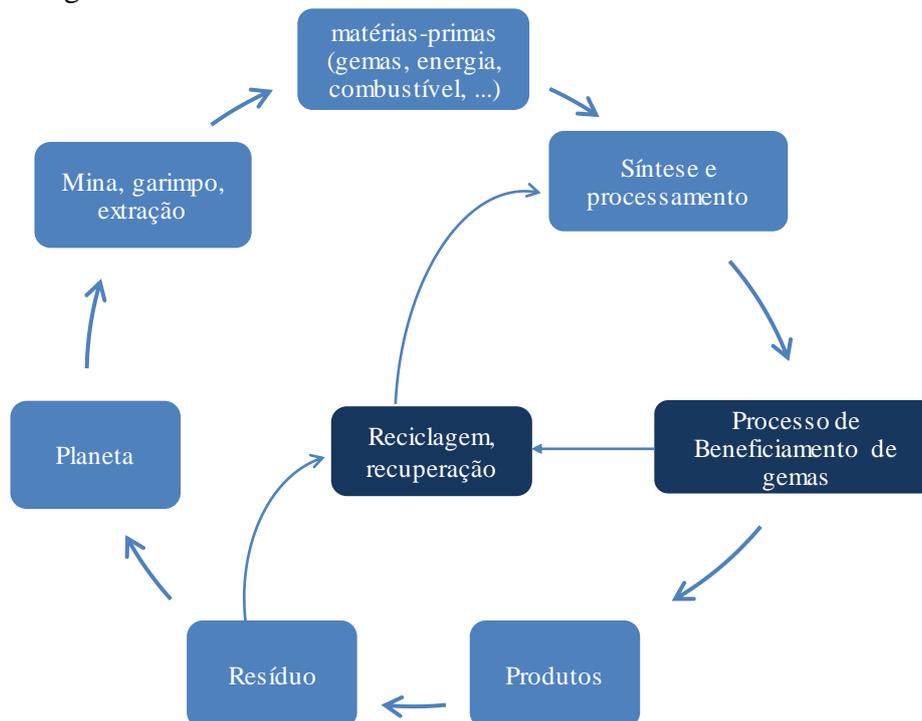
visto que não estão disponíveis em consultas públicas, a partir de documentos internos da empresa, como relatórios gerenciais da produção, acompanhamento de laudos técnicos e do plano de gerenciamento de resíduos sólidos, entre outros.

O inventário de entradas e saídas do processo foi elaborado com base em análises de ciclo de vida dos materiais (CALLISTER; RETHWISCH, 2013), visando identificar pontos críticos em termos de consumo de recursos e geração de resíduos, efluentes e emissões. Os dados para a elaboração do inventário foram coletados no período de janeiro a junho de 2015, com base em relatórios gerenciais e considerando como exercício base o ano de 2014.

Contudo, vale destacar que não foi realizada a avaliação completa do ciclo de vida dos materiais utilizados no processo produtivo, sendo esta restrita ao processo de beneficiamento das gemas, ou seja, não foram avaliadas as fases de mineração e extração das gemas, do petróleo e dos demais materiais em fases anteriores a sua chegada à indústria de beneficiamento de gemas. Assim como, também não foram avaliadas fases posteriores de descarte e reciclagem dos resíduos.

Em outras palavras, a avaliação ficou restrita aos impactos gerados durante o processo produtivo e a possibilidade de reciclagem de materiais no próprio processo, com o objetivo de reduzir o consumo de novos materiais e a geração de passivo ambiental. A Figura 01 ilustra o ciclo de vida geral dos materiais utilizados nos processos de beneficiamento de gemas, sendo as duas etapas destacadas as que foram analisadas neste trabalho.

Figura 01 – Ciclo de vida geral dos materiais utilizados no processo de beneficiamento de gemas



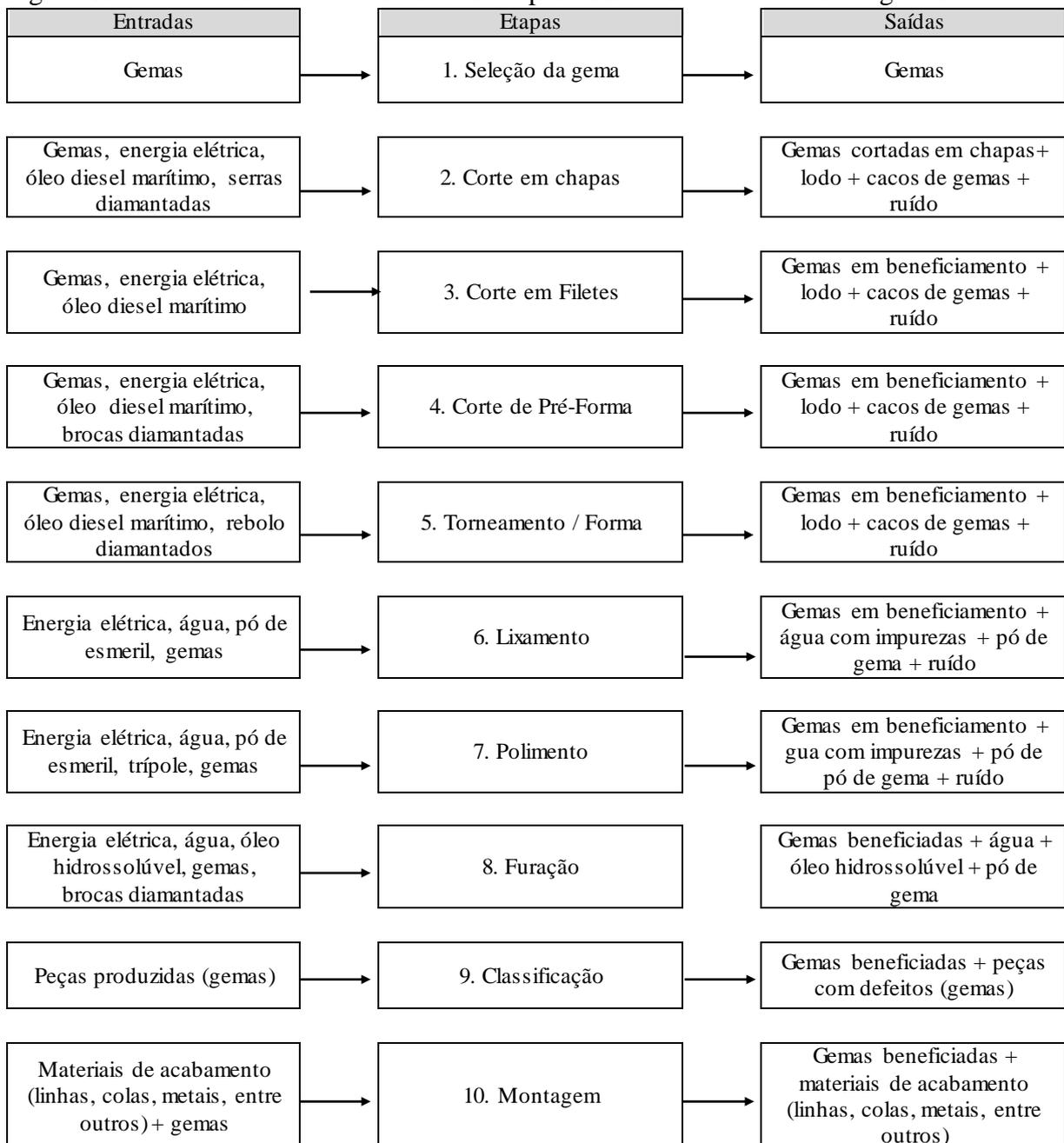
Fonte: Elaborado a partir de Callister e Rethwisch (2013).

Nesse inventário, foram levados em consideração aspectos como: consumo de energia, água, combustível, matérias-primas, produtos utilizados, efluentes, resíduos sólidos, emissões e demais impactos. Em consequência, o inventário contribui para o monitoramento do processo produtivo, bem como indica pontos críticos em termos de consumo de materiais e de geração de resíduos.

Análise de resultados

O processo de beneficiamento de gemas é composto por diversas etapas (corte, torno, lixamento, polimento, acabamento, entre outras), nas quais são utilizados diversos tipos de recursos, assim como são gerados diversos tipos de resíduos sólidos e líquidos, conforme inventário de entradas e saídas do processo (FIGURA 02). Este inventário contribui para o monitoramento do processo produtivo, bem como indica pontos críticos em termos de consumo de materiais e geração de resíduos.

Figura 02 – Inventário de entradas e saídas do processo de beneficiamento de gemas

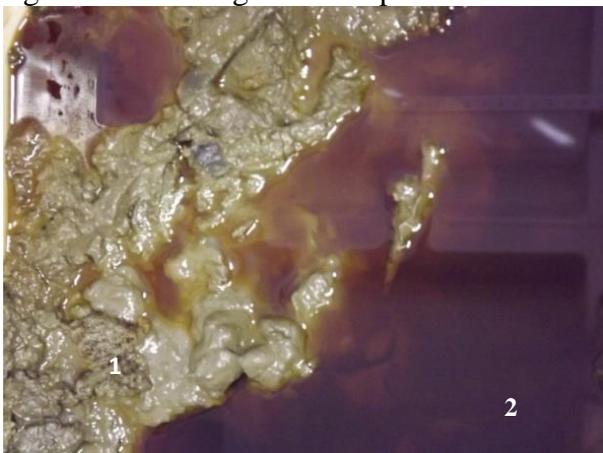


Fonte: Elaborado pelas autoras

Na primeira etapa do processo produtivo, somente ocorre a seleção da gema, não havendo a geração de nenhum resíduo. Já nas etapas em que ocorre o corte das gemas e a formação da peça (etapas 2, 3, 4 e 5), são utilizados como recursos as gemas, óleo diesel marítimo (lubrificante), ferramentas diamantadas e energia elétrica.

Em consequência dessas etapas, forma-se como resíduo um lodo acinzentado escuro, o qual é composto por uma mistura de óleo diesel marítimo, material diamantado moído, pó e pequenos restos da gema cortada (FIGURA 03). Esse lodo, por conter a presença do óleo diesel marítimo, pode causar sérios impactos ambientais. E, de acordo com Bruxel (2011), nas etapas em que se realiza o corte, aproximadamente 50% da matéria-prima transforma-se em resíduo. Por esse motivo, a geração do lodo representa o principal ponto crítico da atividade, devido ao volume gerado e também pela periculosidade que representa.

Figura 03 – Lodo gerado nos processos de corte e torneamento



Fonte: Das autoras

Legenda: 1 pó da gema; 2 óleo diesel marítimo (lubrificante)

Embora a empresa colaboradora deste estudo já tenha testado alternativas de óleos solúveis, como óleos de cozinha reciclados, com o objetivo de reduzir os impactos ambientais decorrentes do processo, esses apresentaram um rendimento inferior ao óleo diesel marítimo. Ao mesmo tempo, seu tratamento era mais complexo, assim como, danificavam rapidamente as ferramentas utilizadas no processo, ocasionando a oxidação, de forma que proporcionavam outros problemas secundários. Assim, a escolha pela utilização do óleo diesel marítimo é decorrente do seu melhor desempenho para a realização do corte das gemas, além de garantir uma maior segurança aos trabalhadores, visto que seu ponto de fulgor é mais elevado se comparado aos demais óleos (PETROBRAS, 2014).

Em relação à destinação final do lodo, a legislação estabelece que este deva ser encaminhado para um aterro ou central de recebimento e destinação de resíduos Classe I ou, caso apresente risco de inflamabilidade, deve ser encaminhado para unidades licenciadas de reprocessamento, recuperação, reciclagem, tratamento biológico, co-processamento em fornos de clínquer ou sistemas de tratamento térmico (incineração) (FEPAM, 2010), implicando em aumentos dos custos e gerando um passivo ambiental para a empresa.

Contudo, pensando em adotar processos mais sustentáveis, a empresa colaboradora não pretende fazer essa destinação, mas sim, buscar alternativas melhores para o seu tratamento, recuperação e reciclagem. Assim, ela tem acondicionado o lodo em tambores

poliméricos de 0,2 m³, os quais são devidamente fechados, para evitar qualquer contaminação, e alocados no pátio da empresa enquanto buscam alternativas¹.

Além disso, nessas etapas ainda ocorre a geração de um volume significativo de resíduos sólidos formados pelas sobras de restos de gemas. Em alguns casos, esses resíduos ainda podem ser reaproveitados na fabricação de outras peças (sendo denominados de sobras de caroço), mas, em outros casos, a sobra é formada por pequenos cacos da gema ou de sua parte externa (casca da gema), impossibilitando o seu reaproveitamento no processo produtivo. Esses resíduos também estão sendo armazenados no pátio da empresa enquanto aguardam por um posterior descarte (FIGURA 04). Uma alternativa para esse resíduo é encaminhá-lo para o processamento de outros tipos de materiais, como por exemplo, de gemas roladas², no entanto, sem valor econômico atrativo para a empresa.

Figura 04 – Resíduo de cacos de gemas



Fonte: Das autoras

No processo de lixamento, as gemas pré-fabricadas são inseridas em um vibrador, juntamente com outras pedras menores, pó de esmeril e água. Esse processo leva aproximadamente 5 dias, mas a cada dia as gemas são lavadas e novamente reinseridas no vibrador, sendo adicionadas novas quantidades de pó de esmeril com maior granulagem. Como resíduo dessa etapa, tem-se a geração de efluente formado por água mais impurezas (pó de gema e pó de esmeril). A empresa colaboradora do estudo, buscando dar o devido tratamento a esse resíduo, encaminha o efluente para uma estação de tratamento, que permite a separação da parte sólida e líquida por decantação. Esse procedimento possibilita o reaproveitamento da água, que é utilizada para a limpeza do prédio. Entretanto, não é realizado nenhum monitoramento sobre a quantidade total de água reaproveitada, por isso, não foi possível mensurar os benefícios da prática.

A etapa do polimento é similar à etapa de lixamento, mas, nesse caso, ainda se adiciona o pó de trípole ao vibrador, juntamente com os demais materiais, que contribui para dar brilho às peças. Dessa forma, o resíduo é idêntico (água com impurezas + pó de gema), sendo também encaminhado para a estação de tratamento, para posterior reciclagem da água na limpeza predial.

Outra característica presente nas etapas de corte, lixamento e polimento é o elevado

¹Ao longo dos seis anos de atividade, a empresa somente enviou um lote para a Fundação PROAMB, que é uma central de resíduos sólidos industriais, localizada no município de Pinto Bandeira/RS. Ao mesmo tempo, foi acumulando um volume significativo de lodo no pátio da empresa, que ainda precisa receber uma destinação final adequada.

²As gemas roladas são obtidas a partir de um processo de lapidação mais simples. Elas são inseridas em equipamentos vibradores juntamente com materiais abrasivos para que seja realizado o seu lixamento e polimento, de modo que seja possível a obtenção de gemas com bordas arredondadas e superfícies lisas. As gemas roladas são comumente utilizadas em joias simples, em peças de artesanato ou decoração de jardins.

ruído decorrente dos processos desenvolvidos e das máquinas utilizadas. Em consequência, os funcionários que atuam nestes setores são obrigados a utilizar equipamentos de proteção individual (EPI).

Na etapa de furação, utilizam-se como recursos as gemas fabricadas, energia elétrica, água, brocas diamantadas e óleo hidrossolúvel utilizado como lubrificante. Como consequência, tem-se a formação de pequenas quantidades de um efluente formado por água, óleo hidrossolúvel e pó da gema. Na empresa colaboradora deste estudo, o efluente é encaminhado para um filtro que permite a separação do pó da gema e a parte líquida, sendo esta novamente reutilizada no processo de furação por aproximadamente 180 dias, e então é descartado.

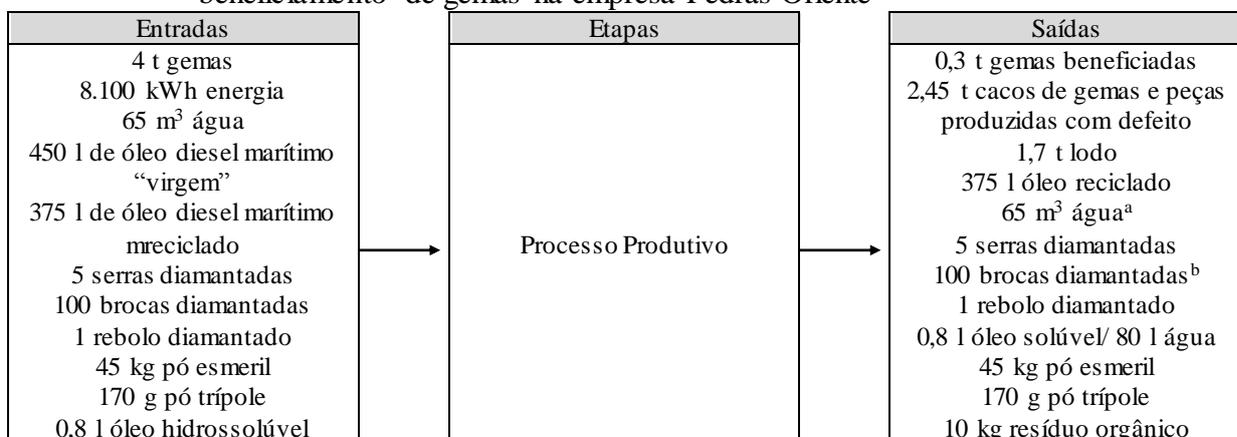
Na etapa da classificação, ocorre a separação das peças. As peças em conformidade são encaminhadas para a etapa de montagem. As peças produzidas com algum defeito são reencaminhadas para a etapa do torno, quando é possível produzir outra peça a partir desta, ou encaminhadas para o descarte das gemas, juntamente com os cacos decorrentes do processo de corte.

E, por fim, na etapa de montagem são utilizadas as gemas beneficiadas e diversos materiais de acabamento para a montagem das joias e dos fios, como linhas, colas, metais, entre outros, os quais são adquiridos de outras indústrias. Como resíduo dessa etapa ficam pequenas sobras de materiais de acabamento, que, pelas suas características, são consideradas resíduo orgânico e seco, e, portanto, encaminhadas para a coleta municipal.

Como a empresa colaboradora não realiza a mensuração do consumo de materiais e da geração de resíduos por etapas, apenas foi possível fazer o levantamento quantitativo das entradas e saídas do processo de forma agregada, conforme demonstrado na Figura 05.

Para que fosse possível a produção de aproximadamente 0,3 toneladas de gemas beneficiadas por mês, foram utilizados como insumos os seguintes materiais: 4 toneladas de gemas brutas, 8.100 kWh de energia elétrica, 65 m³ de água proveniente da companhia de abastecimento de água e de poço artesiano localizado na área de empresa, 450 litros de óleo diesel marítimo virgem, 375 litros de óleo diesel marítimo reciclado (através de processo de lavagem), 5 serras diamantadas, 100 brocas diamantadas, 1 rebolo diamantado, 45 kg de pó de esmeril, 170 g de pó de trípole e 0,8 l de óleo hidrossolúvel. Esses dados são relativos à média mensal no exercício de 2014.

Figura 05 – Inventário quantitativo mensal em 2014 de entradas e saídas do processo de beneficiamento de gemas na empresa Pedras Oriente



Fonte: Elaborado pelas autoras a partir de informações da empresa Pedras Oriente

^a Uma parcela deste volume é encaminhado para a estação de tratamento, porém como não há controle, não foi mensurado.

^b 40% são encaminhadas para a remanufatura e 60% esfrelam no processo.

Assim, é possível perceber que é consumida mensalmente uma quantidade significativa de gemas e de óleo diesel marítimo, para que seja possível a obtenção de uma pequena quantidade de gemas beneficiadas, ou seja, em média, apenas 7,5% do volume de gemas transformam-se em produto final. E, em consequência, gera-se um significativo volume de resíduos como o lodo (1,7 t) e os restos de gemas (2,45 t).

Conforme o plano de gerenciamento de resíduos sólidos elaborado pela empresa, o qual estabelece o local de acondicionamento e a forma de coleta dos resíduos, os resíduos de gemas (cacos), na medida do possível, são reutilizados no processo produtivo ou são doados a terceiros; os resíduos de materiais diamantados são guardados no depósito da empresa e encaminhados para empresas de sucatas, conforme necessidade, para serem remanufaturadas, quando for o caso; os resíduos orgânicos e sanitários são encaminhados para a coleta municipal; o lodo é acondicionado em tambores, conforme já exposto; o pó de esmeril e o pó de trípole diluídos em água são encaminhados para a estação de tratamento, para que, por decantação, possa ocorrer a separação entre o resíduo sólido e o líquido; e o óleo hidrossolúvel é reutilizado na linha de produção através de ciclo fechado, sendo encaminhado, também, para a estação de tratamento a cada 180 dias.

A partir desse inventário, observa-se que os principais pontos críticos do processo de beneficiamento de gemas estão associados à:

a) geração do lodo formado nas etapas de corte, em especial, pelo volume gerado, e para o qual a empresa colaboradora e as demais empresas do setor buscam uma alternativa de reutilização, pois, do contrário, precisarão encaminhá-lo para unidades específicas, conforme legislação vigente, implicando em aumento nos custos e num passivo ambiental;

b) quantidade de resíduos de gemas (cacos e cascas) que sobram nos processos de corte e formação das peças. Embora pudessem ser reutilizados na produção de outras peças, dificilmente o são, por suas dimensões normalmente não se enquadrarem às necessidades de produção. Além disso, esse processo exigiria um maior cuidado dos funcionários e demandaria maior tempo, enquanto que a seleção de uma gema bruta é mais rápida e fácil.

c) produção de gemas beneficiadas com defeito, pois, como as gemas são sensíveis e irregulares, elas podem quebrar facilmente ao longo do processo ou apresentar defeitos internos que só ficam perceptíveis após as etapas finais. Em consequência, existe a necessidade de produzir um número maior de peças do que as encomendadas. De maneira geral, inicia-se a produção com no mínimo 100% a mais do que a quantidade solicitada por cliente. Ademais, como o desenho natural difere entre uma gema e outra, no momento da montagem de uma joia, é necessário que as peças apresentem homogeneidade. Por isso, nem sempre ter a peça final no tamanho desejado é suficiente para garantir a entrega do produto ao cliente.

Por meio do acompanhamento de uma amostra de peças beneficiadas foi possível observar que, do total produzido pelo setor da filetagem, apenas 65% das peças chegavam ao final do processo em conformidade, enquanto que 35% delas apresentavam algum defeito. Os principais defeitos encontrados foram: peças fora do tamanho (maior ou menor que o especificado), peças quebradas ou trincadas, peças com tonalidade diferente da esperada, decorrente de falhas naturais, entre outros. Em alguns casos, elas podem ser reintroduzidas ao processo de produção, para que sejam feitos os ajustes necessários, ou reaproveitadas na produção de outras peças, mas em 35% dos casos, elas estavam quebradas, e, portanto, consideradas como um resíduo. Esses defeitos variam de acordo com o tipo de gema selecionada, por suas características naturais serem diferentes. Além disso, ao analisar o volume da matéria-prima utilizada, verificou-se que apenas 15% tornam-se produto final acabado, sendo o restante transformado em resíduo.

d) dificuldade de manutenção de estoques devido à variedade de modelos e tipos de gemas destinadas para a produção de joias a serem comercializadas no mercado interno.

Como esse mercado está diretamente relacionado a padrões de moda, existe a necessidade constante de produção de novos modelos e cores, seguindo catálogo de tendências de cada estação.

Diante deste cenário, a empresa colaboradora precisa encontrar alternativas para a minimização da geração de resíduos, com o objetivo de tornar a atividade mais eficiente e sustentável.

Considerações finais

A indústria de beneficiamento de gemas, apesar da sua importância econômica devido a sua capacidade de geração de renda e empregos, utiliza em seu processo produtivo diversos tipos de recursos, assim como são gerados diversos tipos de resíduos sólidos e líquidos. Para tanto, o objetivo deste trabalho foi identificar, sob o ponto de vista ambiental, os principais pontos críticos da atividade de uma indústria beneficiadora de gemas por meio da realização de um inventário das entradas e saídas do processo produtivo.

A realização do inventário, realizado junto à empresa colaboradora deste estudo, demonstrou que, para a obtenção de uma pequena quantidade de gemas beneficiadas, é consumida uma quantidade significativa de recursos naturais não renováveis (gemas e combustível), e que apenas 7,5% do volume de gemas transformam-se em produto final. Em consequência, identificou-se que os principais pontos críticos do processo de beneficiamento estão relacionados à: a) geração do lodo, formado nas etapas de corte, devido ao volume gerado e à sua periculosidade para o meio ambiente; b) quantidade de resíduos de gemas (cacos e cascas) que se formam ao longo do processo e têm sido pouco reaproveitados; c) produção de gemas beneficiadas com defeito, em função das características das gemas; e, d) dificuldade de manutenção de estoques devido à variedade de modelos e tipos de gemas destinadas para a produção de joias a serem comercializadas no mercado interno.

Para minimizar os impactos ambientais decorrentes do processo, sugere-se que a empresa incorpore tecnologias limpas que auxiliem na adequação da atividade para um contexto ambientalmente mais correto e que possibilite a redução das perdas, assim como, realize o acompanhamento e avaliação do desempenho de suas atividades através da utilização de indicadores de sustentabilidade.

Referências bibliográficas

ALIGLERI, Lilian; ALIGLERI, Luiz Antonio; KRUGLIANSKAS, Isak. **Gestão socioambiental: responsabilidade e sustentabilidade do negócio**. São Paulo: Atlas, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **ABNT NBR ISO 14040: gestão Ambiental – Avaliação do Ciclo de Vida – princípios de estrutura**. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

BATISTI, Vanessa de Souza; TATSCH, Ana Lúcia. O Arranjo Produtivo Local (APL) gaúcho de gemas e joias: estruturas produtiva e comercial, arranjos institucional e educacional e relações interorganizacionais. **Ensaio FEE**, Porto Alegre, v. 33, n. 2, p. 513-538, nov. 2012. Disponível em: <<http://revistas.fee.tche.br/index.php/ensaio/article/view/2473/3109>>. Acesso em: 29 out. 2013.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente - MMA. **Agenda 21**. Conferencia das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 1992. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/agenda-21>>. Acesso em: 25 jan. 2015.

BRUXEL, Fernando Roberto. **A problemática dos resíduos provenientes do setor de gemas: avaliação da incorporação do lodo de gemas na massa cerâmica**. 2011. 64f. Dissertação (Mestrado em ambiente e Desenvolvimento) – Centro Universitário Univates, Lajeado, jun. 2011. Disponível em: <<http://www.univates.br/bdu/bitstream/10737/220/1/FernandoBruxel.pdf>>. Acesso em: 05 jan. 2013.

CALLISTER, William D.; RETHWISCH, Jr. David G.. **Ciência e engenharia de materiais: uma introdução**. 8 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2013.

CHEN, Danfang; HEYER, Steffen; SELIGER, Günther; KJELLBERG, Torsten. Integrating sustainability within the factory planning process. **CIRP Annals - Manufacturing Technology**, v. 61, p. 463-466, 2012. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0007850612000698>>. Acesso em: 10 mar. 2015.

CHEHEBE, José Ribamar B. **Análise do ciclo de vida dos produtos: ferramenta gerencial da ISO 14000**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.

COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO - CMMAD. **Nosso futuro comum**. 2. ed. Rio de Janeiro: Editora da Fundação Getúlio Vargas, 1991.

DIAS, Reinaldo. **Gestão Ambiental: responsabilidade social e sustentabilidade**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2011.

FENG, Shaw C.; JOUNG, Che B. An Overview of a Proposed Measurement Infrastructure for Sustainable Manufacturing. **The 7th Global Conference on Sustainable Manufacturing**, 2009. Disponível em: <http://www.nist.gov/manuscript-publication-search.cfm?pub_id=904166>. Acesso em: 04 abr. 2015.

FOLLE, Daiane, et. al. Cenário do licenciamento ambiental das indústrias extratoras de pedras preciosas do Alto da Serra do Botucaraí. In: HARTMANN, Léo Afraneo; SILVA, Juliano Tonezer da (orgs.). **Tecnologias para o Setor de Gemas, Joias e Mineração**. Porto Alegre: IGEO/UFRGS, 2010.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL – FEPAM. **Portaria nº 16/2010**, de 26 de abril de 2010. Porto Alegre: FEPAM, 2010. Disponível em: <<http://www.fepam.rs.gov.br/legislacao/arq/Portaria016-2010.pdf>>. Acesso em: 14 abr. 2015.

HAUSCHILD, M.; JESWIET, J.; ALTING, L. From Life Cycle Assessment to Sustainable Production: Status and Perspectives. **CIRP Annals - Manufacturing Technology**. v. 54, p. 1-21, 2005. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0007850607600171>>. Acesso em: 04 jun. 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEMAS E METAIS PRECIOSOS - IBGM. **Políticas e Ações para a Cadeia Produtiva de Gemas e Joias**. Brasília, Brisa, 2005. Disponível em: <http://www.ibgm.com.br/admin/_upload/biblioteca/documento/131-

[politicaseacoeparaacadeiaproductivademasejoias.pdf](#)>. Acesso em: 30 ago. 2012.

JOUNG, Che B.; CARRELL, John; SARKAR, Prabir; FENG, Shaw C.. Categorization of indicators for sustainable manufacturing. **Ecological Indicators**, v. 24, p. 148-157, 2012. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1470160X12002294>>. Acesso em: 11 mar. 2015.

KRAJNC, Damjan; GLAVIC, Peter. Indicators of sustainable production. **Clean Technologies and Environmental Policy**. v. 5, p. 279-288, 2003. Disponível em: <<http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10098-003-0221-z#page-1>>. Acesso em: 13 jul. 2015.

PETROBRAS DISTRIBUIDORA S. A - PETROBRAS. **Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico – FISPQ**. Produto: Óleo diesel marítimo. 15 out. 2014. Disponível em: <<http://www.br.com.br/wps/wcm/connect/df3e998043a79983b63abfecc2d0136c/fispq-oleodiesel-mar-maritimo.pdf?MOD=AJPERES>>. Acesso em: 18 jul. 2015.

STORTI, Adriana Troczinski; MAZON, Fernando Sergio. Estudo sobre o setor de pedras em Soledade (RS) sob a ótica das teorias dos distritos industriais. **Perspectiva Econômica**. v. 7, n. 1, p. 27-41, jan./jun. 2011. Disponível em: http://revistas.unisinos.br/index.php/perspectiva_economica/article/view/1295/357. >. Acesso em: 20 jul. 2015.