

Série Tecnologia Mineral

APL Gemas e Joias do Rio Grande do Sul: Estudo de caso, pesquisa geológica, lavra e beneficiamento

José Ferreira Leal

Altair Flamarion Klippel

Francisco Wilson Hollanda Vidal

SÉRIE TECNOLOGIA MINERAL

**APL Gemas e Joias do Rio Grande do Sul:
Estudo de Caso, Pesquisa Geológica,
Lavra e Beneficiamento**

PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA

Dilma Vana Rousseff

Presidente

Michel Miguel Elias Temer Lulia

Vice-Presidente

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO

Marco Antonio Raupp

Ministro de Estado da Ciência, Tecnologia e Inovação

Luiz Antônio Rodrigues Elias

Secretário-Executivo

Arquimedes Diógenes Ciloni

Subsecretário de Coordenação das Unidades de Pesquisa

CETEM – CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL

Fernando Antonio Freitas Lins

Diretor

Arnaldo Alcover Neto

Coordenador de Análises Minerais

Claudio Luiz Schneider

Coordenador de Processos Minerais

Cosme Antônio de Moraes Regly

Coordenador de Administração

Francisco Wilson Hollanda Vidal

Coordenador de Apoio Tecnológico às Micro e Pequenas Empresas

Marisa Bezerra de Mello Monte

Coordenadora de Planejamento, Gestão e Inovação

Ronaldo Luiz Correa dos Santos

Coordenador de Processos Metalúrgicos e Ambientais

SÉRIE TECNOLOGIA MINERAL

ISSN 0103-7382

ISBN 978-85-8261-011-4

STM - 92

APL GEMAS E JOIAS DO RIO GRANDE DO SUL: ESTUDO DE CASO, PESQUISA GEOLOGICA, LAVRA E BENEFICIAMENTO

José Ferreira Leal

Especialista em Geologia de Mineração pela UFRJ

Altair Flamarion Klippel

D.Sc. em Engenharia de Minas pela UFRGS

Francisco Wilson Hollanda Vidal

D.Sc. em Engenharia Mineral pela USP

CETEM/MCTI

2013

SÉRIE TECNOLOGIA MINERAL

Marisa Bezerra de Mello Monte

Editora

Claudio Luiz Schneider

Subeditor

CONSELHO EDITORIAL

Arnaldo Alcover Neto (CETEM), Fernando A. Freitas Lins (CETEM), Regina Coeli C. Carrisso, (CETEM), Reiner Neumann (CETEM), Ronaldo Luiz C. dos Santos (CETEM), Achilles Junqueira B. Dutra (UFRJ), Antonio E. Clark Peres (UFMG), José Aury de Aquino (CDTN), José Farias de Oliveira (UFRJ), Lino R. de Freitas (CVRD), Luciano Tadeu da S. Ramos (CVRD), Mário Rui M. Leite (IGM-PORTUGAL) e Mauício L. Torem (PUC-RIO).

A Série Tecnologia Mineral publica trabalhos na área minerometalúrgica. Tem como objetivo principal difundir os resultados das investigações técnico-científicas decorrentes dos projetos desenvolvidos no CETEM.

O conteúdo desse trabalho é de responsabilidade exclusiva do(s) autor(es).

Valéria Cristina de Souza

Coordenação Editorial

Andreia Diogo Teixeira Batista

Editoração Eletrônica

Andrezza Milheiro

Revisão

Leal, José Ferreira

APL gemas e joias do Rio Grande do Sul: estudo de caso, pesquisa geológica, lavra e beneficiamento / José F. Leal, Altair F. Klippel, Francisco W. H. Vidal. —Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2013.

106p. (Série Tecnologia Mineral, 92)

1. Gemas. 2. Mineralogia. I. Centro de Tecnologia Mineral. II. Klippel, Altair Flamarion. III. Vidal, Francisco W. Holanda. V. Título. IV. Série.

CDD – 553.8

SUMÁRIO

RESUMO	7
ABSTRACT	8
1 INTRODUÇÃO	9
2 OBJETIVOS	12
2.1 Objetivo Geral	12
2.2 Objetivos Específicos	12
3 METODOLOGIA	13
3.1 Pesquisa Geológica	14
3.2 Método de Lavra	20
4 CARACTERÍSTICAS DO ESTUDO DE CASO: GARIMPOS DE AMETISTA	29
4.1 Aspectos Geológicos	29
4.2 Lavra de Ametista	31
4.3 Ventilação	48
4.4 Segurança do Trabalho	54
5 MAPEAMENTO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE AMETISTA	59
5.1 Processo de Produção de Ametista	59
5.2 Divisão de Trabalho	64
6 MODELO DE GESTÃO	66
6.1 Modelo Integrado de Gestão	66
6.2 Pontos Potenciais de Melhoria	71

7 BENEFICIAMENTO	75
7.1 Antecedentes	75
7.2 Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&D)	79
7.3 Justificativa Mercadológica para Lapidção Facetada	80
7.4 Referencial da Ionvação: Proposta de Lapidção Facetada Automatizada	85
7.5 Resultados Esperados	86
7.6 Impactos Previstos	87
7.7 Fluxograma do Processo de Beneficiamento das Gemas Coradas pela Empresa Pedras Oriente	89
8 CONCLUSÃO	98
9 AGRADECIMENTOS	101
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	102

RESUMO

O trabalho apresentado no presente estudo teve o apoio financeiro do Fundo Setorial de Recursos Minerais, tendo como parceiros inicialmente o Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) e Ministério da Minas e Energia (MME), Ministério de Integração (MI) e Secretarias de Governo do estado do Rio Grande do Sul (RS).

O Programa em Rede foi implantado para o desenvolvimento de novas práticas na cadeia produtiva de gemas.

Os resultados foram: definição de reservas e vida útil das minas de ametista do Distrito Mineiro de Ametista do Sul, com o desenvolvimento de novos métodos e tecnologias de lavra e, no elo seguinte da cadeia produtiva, o desenvolvimento de máquinas e equipamentos automatizados (CNC) para lapidações cabochão, facetada e diferenciada, consideradas inovadoras no mercado mundial.

O estudo aborda os aspectos técnicos e econômicos da ametista do RS, com o objetivo de aumento da produtividade e competitividade da cadeia de gemas e joias do Estado, desde a pesquisa geológica, passando pela lavra e pelo beneficiamento para chegar à industrialização (Joalheria) até a comercialização.

Palavras-chave

Pesquisa, lavra, gemas, ametista e joias.

ABSTRACT

The work presented in this study was financially supported by the Mineral Resources Sector Fund, whose partners initially were the Ministry of Science, Technology and Innovation (MCTI) and the Ministry of Mines and Energy (MME), Ministry of Integration (MI) and Government Secretaries of Rio Grande do Sul state (RS).

The Network Program was implemented for the development of new practices in the supply chain of gems. The results were: setting reserves and useful life of amethyst mines from Ametista Sul Mining District, with the development of new methods and technologies of mining and the next link in the chain, the development of automated equipment and machines (CNC) for stoning cabochons, faceted and differentiated, considered innovative in the world market.

The study approaches the technical and economic aspects of the Rio Grande do Sul amethysts, with the goal of increasing of productivity and competitiveness of the chain of gems and jewellery in the state, from the Geological Survey, through the extraction and processing to reach industrialization (Jewellery) until commercialization.

Keywords

search, mining, gems, amethyst and jewellery.

1 | INTRODUÇÃO

No Rio Grande do Sul, em função da obrigatoriedade dos garimpeiros se organizarem em cooperativas a partir de 1990, por força da legislação estadual, favorece a regularização dos empreendimentos e a apropriação de melhores tecnologias e metodologias de pesquisa geológica, lavra e beneficiamento dos minérios Gemas pelos produtores.

No entanto, o quadro nas áreas tradicionais de exploração de minérios gemas no estado apresentava sérias deficiências similares às da maioria dos pequenos empreendimentos nacionais de mineração, em termos de condições de trabalho, impacto ambiental, crédito, aproveitamento de reservas, produtividade e agregação de valor à produção.

Para inverter esse quadro, foi criado o Programa em Rede do APL Regional de Gemas e Joias do Rio Grande do Sul, que foi iniciado com o Convênio FNDCT 3710/0 - FINEP01.04.0865.00 (Fundo Setorial Mineral), assinado em dezembro de 2003 e iniciado em maio de 2004. O principal objetivo do projeto era desenvolver uma ampla ação na cadeia produtiva, atuando sobre fatores que afetam seu desenvolvimento tecnológico e a competitividade das micro e pequenas empresas que constitui o APL – Gemas e Joias do Estado Rio Grande do Sul.

Dessa forma, em 20/12/2005, foi firmado novo Convênio nº 00017/2005 – MME entre a Fundação Vale do Taquarí de Educação e Desenvolvimento Social (FUVATES) e o Ministério de Minas e Energia por meio da Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral (SGM), tendo por objetivo a conjugação de esforços entre as partes, com vistas à Capacitação de Pequenos Produtores Mineraiis, em Lavra e

Beneficiamento de Gemas do RS, no âmbito do Programa em Rede de APL do RS e do MCTI/FINEP, tendo as seguintes Regiões e Municípios no âmbito do projeto:

O Noroeste gaúcho nas regiões do Alto e Médio Uruguai, tendo a sede da Cooperativa de Garimpeiros do Alto e Médio Uruguai (COOGAMAI) situada no município de Ametista do Sul. Nessa região compreenderam também os seguintes municípios: Frederico Westphalen, Rodeio Bonito, Cristal do Sul, Planalto, Iraí, Trindade do Sul e Gramado dos Loureiros, que compõem a COOGAMAI.

Na região central do estado, no Município de Soledade, encontra-se o maior polo de comercialização do Brasil de geodos e artefatos em pedras.

Mais ao sul encontra-se a região de Lajeado/Teutônia, onde existem empresas especializadas em lapidação. À leste de Soledade encontra-se o município de Guaporé, onde está localizado o segundo maior polo industrial de folheados do Brasil.

À oeste de Soledade encontra-se o Município de Salto do Jacuí onde é feita a extração, em maior escala, de ágatas.

Este conjunto de município compõe o APL Regional de Gemas e Joias do estado do Rio Grande do Sul.

É importante ressaltar, contudo, que em todas as regiões contempladas pelo projeto de capacitação em tela, a população encontrava-se entre as mais pobres e com mais baixo índice de desenvolvimento humano (IHD) no Estado.

O projeto almejava contribuir para reverter tal quadro, e trouxe importante sustentação e complementação a diversas ações

nas regiões apoiadas, algumas já em andamento autônomo, desencadeadas pelo retro mencionado Programa em Rede do APL do RS junto às cooperativas de garimpeiros no estado.

O APL Regional de Gemas e Joias do Estado do Rio Grande do Sul conta com a colaboração dos seguintes parceiros que iniciaram suas operações em maio de 2004:

- Governo Federal – MCTI, MME, MI, MIDIC, DNPM e CPRM.
- Governo Estadual – Secretaria de Ciência e Tecnologia (SCT), Secretaria de Energia Minas e Comunicações (SEMC), Secretaria de Desenvolvimento e Assuntos Internacionais (SEDAI).
- Associações e Entidades de Classe – IBGM, Ajorsul e Sindjoias/RS.
- Empresas – COOGAMAI, COOPEDRAS, COPERGEMA, Indústrias de Lapidação, Artesanatos e Artefatos Minerais, Fábricas de Folheados e empresas de exportação.
- Instituições de Ensino e de Apoio a Pequenas Empresas – UNIVATES, UFRGS, UCS, SEBRAE/RS e SENAI/RS.
- Consultores e empresas de consultoria – George Diab, Tiago Bevilaqua, A.F.Consultoria Empresarial e Geogemas Consultoria Ltda. Dr. Paul Cezane Pinto, Engº de Minas Anderson Oliveira, Karina Achoa designer.
- O CETEM – Através da Coordenação de Apoio Técnico às Micro e Pequenas Empresas presta assistência técnica para a Rede APL de Gemas e Joias do Rio Grande do Sul por meio de seu Laboratório de Pesquisas Gemológicas - LAPEGE.

2 | OBJETIVOS

2.1 | Objetivo Geral

Aumentar a produtividade e competitividade no âmbito de toda a cadeia produtiva de gemas e joias do Rio Grande do Sul, desde a pesquisa geológica passando pela lavra e o beneficiamento, além da industrialização (joalheira) até a comercialização, promovendo a melhoria das condições de trabalho e preservação do meio ambiente.

2.2 | Objetivos Específicos

Aportar tecnologias nos segmentos da pesquisa geológica, lavra, beneficiamento e industrialização (lapidação e joalheria).

Ampliar e desenvolver novos mercados, em âmbitos doméstico e internacional.

Mobilizar recursos públicos e privados provenientes dos agentes do próprio arranjo e do sistema financeiro.

Capacitar os agentes do arranjo nas áreas de maior interesse.

Estimular e fortalecer as lideranças locais para estruturação e manutenção do arranjo produtivo.

Favorecer o desenvolvimento de processos de padronização, normalização e certificação de produtos.

Alçar as exportações do arranjo de gemas e joias ao patamar compatível com a elevada escala de produção do Rio Grande do Sul.

3 | METODOLOGIA

A metodologia para o desenvolvimento do projeto teve como foco principal a implementação de modelos, visando as melhorias nos processos de produção de ametista, para aumento de sua produtividade e competitividade, bem como da qualidade de vida de seus trabalhadores, de acordo com os pontos descritos no Código de Mineração, ou seja: ações estruturantes na cadeia produtiva das atividades de mineração, a saber:

- Pesquisa geológica.
- Lavra.
- Beneficiamento de gemas.
- Com relação à cadeia produtiva no ano de 2004, na região de Ametista do Sul, em reuniões realizadas no decorrer do Programa em Rede, constatou-se que do universo de 500 garimpos existentes na região de Ametista do Sul, cerca de 270 encontram-se ativos, contando com um contingente de mão de obra da ordem de 2200 garimpeiros.
- Essas frentes de trabalho tinham uma produtividade da ordem de 200 Kg/garimpeiro/mês, obtendo-se uma estimativa da capacidade de produção da ordem de 400 t/mês, que se revela consistente diante da produção média observada no período de janeiro a agosto de 2007, de 380 t/mês. Quanto à distribuição média das receitas auferidas nos garimpos de Ametista do Sul, constatou-se que o dono da terra apropria-se de 10%, o proprietário da área de despejo de 10%, o dono do garimpo de 40% e os garimpeiros de 40%.

3.1 | Pesquisa Geológica

O estudo de pesquisa geológica foi executado conforme a metodologia proposta e discutida coletivamente na rede do APL, na qual foram efetuadas medições sistemáticas de espessura, teor, volume e qualidade da matéria prima extraída nas frentes de produção (garimpos) com o objetivo de gerar um banco de dados estatísticos para subsidiar estimativas, recursos e reservas minerais, bem como, orientação geológica às frentes de lavra, tendo em vista tratar-se de uma cooperativa de garimpeiros, onde não há capital de risco suficiente para realização de uma pesquisa geológica nos métodos tradicionais de pesquisa como: sondagens, trincheiras, poços etc.

A pesquisa geológica desenvolvida no âmbito do APL do RS foi caracterizado por ser um trabalho inédito de metodologia inovadora na área de pesquisa geológica, seguido de estimativa de reservas e vida útil das minas e, conseqüentemente, do Distrito Mineiro de Ametista do Sul. Este foi elaborado pela equipe técnica, com a coordenação do geólogo/gemólogo Professor Walid E. Daoud.

3.1.1 | Passo a passo da metodologia desenvolvida

- a) **Pesar, classificar e registrar** o valor dos geodos comercializáveis em R\$/m³ e produzidos por frente de lavra, fazendo-se a seguinte pontuação de acordo com a qualidade: (3) alta, (2) média e (1) fraca. Esses dados possibilitam o cálculo do teor de ametista (Kg/m³) para cada avanço de lavra, bem como o teor de ametista por qualidade.

- b) **Criar** a estrutura do banco de dados estruturado no programa Excell, de forma que os cálculos de teor sejam realizados automaticamente assim que o programa for alimentado com os dados do campo.
- c) **Analisar** o banco de dados com medição de 94 garimpos, incluindo identificação do garimpo, área lavrada, espessura média, volume lavrado, peso, quantidade de geodos e teor de ametista. A análise da estrutura do banco de dados foi realizada para efeito de estimativa de reserva, utilizando-se de teores médios e valores médios. Estabeleceu-se a sistemática de emissão de relatórios periódicos, contendo as seguintes informações por frente de lavra: identificação do proprietário, área lavrada no período, produção total de ametista, espessura média, valor das ametistas, teores de ametista de alta, média e baixa qualidades.
- d) **Consolidar** a medição sistemática das áreas de avanço nas galerias por frente de lavra procedendo da seguinte forma: medida do avanço, da largura, da altura, marcando-se os pontos de espessura média por avanço. Cada avanço de lavra foi devidamente marcado com tinta nas paredes e com piquetes enumerados no piso das galerias, possibilitando o posterior levantamento topográfico. Esses dados permitem o cálculo da área (m^2), o volume de minério retirado (m^3) e a espessura média do minério;
- e) **Elaborar** o mapa geológico da jazida.

- f) **Plotar** mapa das frentes de lavra com os seus respectivos valores de teor médio e espessura média.
- g) **Delimitar** as reservas de isovalor de teor e espessura, desenvolvendo-se as zonas de baixo, médio e alto teores.

3.1.2 | Classificação e avaliação de ametista e citrino lapidados

No decorrer do treinamento dos produtores locais, foram realizados exercícios práticos para classificação e avaliação de ametistas e citrinos lapidados (beneficiados), usando-se como referência o Boletim Referencial de Preços pelo Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM) em parceria com o Instituto Brasileiro de Gemas e Metais Preciosos (IBGM) para os instrutores dos cursos de capacitação de lapidação facetada e cabochão.

3.1.3 | Modelo de classificação

- a) Classificar o grau de pureza das gemas, sem inclusões (SI), inclusões leves (IL), inclusões moderadas (IM), inclusões acentuadas (IA) e inclusões excessivas (IE).
- b) Classificar a cor.
 - Descrição da matriz.
 - Descrição do tom.
 - Descrição da saturação.

c) Classificar a lapidação.

- Contorno.
- Proporção.
- Perfil.
- Percentagem da altura.
- Coroa e profundidade.
- Tamanho da mesa.
- Brilho.

d) Compor o preço das Gemas seguindo a pontuação de 1 a 10 para os itens de cor, pureza e lapidação. Multiplicar as notas obtidas pelo percentual correspondente a cada item: Cor (50%), Pureza (30%) e Lapidação (20%), deste modo obtêm-se a nota da pedra.

e) Critério de Classificação.

- Excelente ou extra (notas de 8 a 10).
- Boa ou primeira (notas de 6 a 8).
- Segunda ou média (notas de 4 a 6).
- Fraca ou terceira (notas de 2 a 4).

3.1.4 | Resultado do método da pesquisa geológica

Os trabalhos realizados no âmbito do convenio possibilitaram a capacitação e o significativo avanço no conhecimento das reservas de ametista no Distrito Mineiro de Ametista do Sul, principalmente devido ao trabalho metodológico inovador da

equipe técnica em 94 garimpos com medições precisas e sistemáticas dos avanços da lavra (espessura e área) e da produção de ametista (qualidade, pesos e valor). Os dados obtidos tiveram expressiva representação estatística e confirmaram as inferências inicialmente feitas a partir de duas minas-piloto, em termos de teor médio e espessura média.

A sistemática de coleta das informações, processamento dos dados, plotagem em mapa e estimativa de reservas foi implementada com sucesso na Coogamai, de forma que seu corpo técnico já o desenvolve rotineiramente e com um nível de controle de qualidade compatível com os critérios estabelecidos pelo Departamento Nacional da Produção Mineral – DNPM. Um dos importantes impactos desse trabalho é que a Coogamai poderá apresentar ao DNPM o Relatório de Pesquisa, com estimativas de reservas, o que confiará maior segurança e credibilidade ao planejamento da lavra.

Outro aspecto de destaque na Região de Ametista do Sul é a presença do SICRED (Sistema de Crédito Cooperativo) nas áreas de extração e beneficiamento de gemas, ficando responsável pelo salário do engenheiro de minas, Anderson Oliveira, que oferecia subsídios técnicos para avaliação de risco das operações de financiamento.

O SICRED, através de linha de crédito especial, proporcionou para a totalidade dos garimpeiros em atividade, de se tornarem cooperados da instituição, condições de fazerem face aos investimentos efetuados nas mudanças tecnológicas na lavra.

Cabe destacar que no início do APL do RS, desenvolvido sobre os auspícios do convênio Fuvates e Ministério de Minas e Energia (MME), havia dúvida e receio de algumas lideranças locais e da Prefeitura de Ametista do Sul quanto a possibilidade

da jazida de ametista estar próxima a exaustão, ideia essa que ficou descartada após estudos realizados e as conclusões apresentadas. As reservas estimadas em 593.000 toneladas, com vida útil de 125 anos ao nível de produção atual, possibilitam o planejamento estratégico das prefeituras locais, bem como da cooperativa Coogamai, nos horizontes de curto, médio e longos prazos.

O método de pesquisa geológica foi inicialmente realizado pelo geólogo Carlos Falemborg da COOGAMAI juntamente com o Eng^o. de Minas, Paul Cezonna Pinto, do Programa do APL, sucedido pelo Eng^o. de Minas Anderson Oliveira.

Esta estimativa foi confirmada, posteriormente, como uma novidade significativa pela equipe técnica dos geólogos Leo Hartmann, Sérgio Benjamin Baggio, Sandro Kucera Duarte, Lucas Machado Antunes e Leonardo Manara Rosenstengel (IGEO/ UFRGS, 2012), com o seguinte texto:

Falhas verticais com direção noroeste deslocaram os derrames horizontais cerca de 50-200m para baixo, de forma que o mesmo derrame que está mineralizado no distrito encontra-se em cota inferior a oeste do distrito. Essa descrição é muito significativa para a busca de novas jazidas de geodos de ametista nessas regiões.

O intemperismo formou "gossan" (zona de enriquecimento sobre os jazimentos), que constitui um critério de exploração mineral para novas jazidas. O "gossan" tem 100-500 m de diâmetro e encontra-se no topo de morros, mas em cota mais baixa (2 a 5m) que o terreno próximo. A presença do gossan possibilita o direcionamento das galerias (brocas) ativas nos distritos mineiros.

Quando associamos os dados obtidos durante a execução do Programa em Rede nas galerias garimpadas com a presença dos gossans na superfície, temos a confirmação da continuidade da terceira dimensão do corpo mineralizado e, conseqüentemente, a validação dos resultados obtidos através da metodologia do Programa em Rede.

Os multiplicadores que foram capacitados na classificação e avaliação comercial de ametistas e citrinos lapidados foram qualificados para aplicação da metodologia, em conformidade com os padrões internacionais.

Um dos principais indicadores de resultado foi a manifestação espontânea dos lapidários e produtores em ampliar investimentos no segmento de lapidação de gemas de qualidade e ingressar na exportação, o que veio resultar na criação de 14 novas empresas dedicadas ao beneficiamento das ametistas e citrinos que são selecionados e sacados dos geodos de coloração mais intensa como gemas a serem lapidadas.

3.2 | Método de Lavra

Os trabalhos realizados no âmbito da geologia de exploração e desenvolvimento dos métodos de lavra do convenio, pelos engenheiros de minas Dr. Enrique Munaretti e Dr. Altair Flamarion Kippel do projeto, possibilitaram o aumento da produtividade e competitividade da mineração de ametista, bem como da qualidade de vida dos seus trabalhadores.

O APL de base mineral de gemas no estado do Rio Grande do Sul passava pela necessidade de se fomentar o desenvolvimento das redes produtivas deste setor por meio do

aumento de sua produtividade e competitividade com novos conhecimentos e uso de novas técnicas na cadeia produtiva que eliminem os desperdícios e reduzam os custos para a obtenção de uma produção enxuta e, ainda, assegurem melhor qualidade de vida para seus trabalhadores.

Neste sentido, os princípios e técnicas de gestão da produção desenvolvidas a partir da segunda metade do século XX, como o Sistema Toyota de Produção (STP), desenvolvido pela Toyota Motor Company no Japão, que se difundiram em todo mundo, são atualmente estudados, copiados e adaptados nos mais diferentes segmentos produtivos, com vistas a sua reestruturação.

Essa reestruturação compreende não apenas novas tecnologias e métodos de trabalho, mas também uma radical mudança com relação ao comportamento das pessoas, tendo sido ocasionada pela mudança da relação entre a oferta e a demanda. Até a primeira metade do século XX se destacava a produção em massa, enquanto o mercado comprava tudo o que se produzia. Hoje, o mercado mostra excesso de oferta, passando a ser exigente, o que faz com que as empresas busquem a sobrevivência pela diferenciação, variabilidade ou inovação de seus produtos.

No caso da indústria de mineração, por se tratar basicamente de uma indústria que fornece matéria-prima mineral para outros segmentos industriais considerados commodities, o custo – e não a diferenciação, variabilidade ou inovação dos produtos – torna-se um diferencial muito importante e decisivo.

Na mudança do comportamento das pessoas, o enfoque no gerenciamento por processos e não mais por operações, assim como a ampliação do conceito qualidade, conduzem a uma maior participação e integração das pessoas em busca dos objetivos de uma organização, que converge necessariamente para a sua missão.

Além de buscar o melhor aproveitamento dos recursos minerais, pela maximização da recuperação dos depósitos minerais pelas atividades de lavra e beneficiamento mineral, a indústria de mineração deve utilizar da forma mais eficiente possível, os recursos disponíveis, ou seja, pessoas, máquinas e instalações.

Por meio desta ótica, deve-se desenvolver uma gestão da atividade mineral que resulte na sinergia de dois ramos da Engenharia: a Engenharia de Minas e a Engenharia de Produção.

O primeiro ramo desta sinergia – a Engenharia de Minas – está relacionado com a tecnologia intrínseca do setor mineral, ou seja, com o produto em si (bem mineral), e busca o melhor aproveitamento dos recursos minerais (minério bruto) pela utilização de consagradas técnicas de lavra e beneficiamento mineral.

O segundo ramo desta sinergia – a Engenharia de Produção – está relacionado com a tecnologia de gestão, pela eficiente gestão dos recursos de produção, para a utilização mais ampla possível dos mesmos, envolvendo três aspectos: (1) o fluxo das matérias-primas / materiais, (2) a gestão das pessoas e (3) a gestão dos equipamentos.

Pela implementação de metodologias de gestão de Engenharia de Produção, como o STP, atualmente também conhecido como Sistema de Produção Enxuta, podem-se realizar melhorias contínuas nos sistemas produtivos, buscando a utilização plena de seus ativos sem a necessidade de realização de investimentos significativos.

Através do STP busca-se desenvolver uma visão sistêmica do processo de produção, desde sua matéria-prima (minério bruto) até a obtenção do produto final (bem mineral) e, a partir desta visão, identificar as perdas existentes no fluxo produtivo e buscar a redução/eliminação das mesmas, tornando o processo de produção enxuto.

Este trabalho insere-se neste contexto e se fundamenta na análise da utilização dos princípios e técnicas do STP nos garimpos que compõem o processo de produção de ametistas do Município de Ametista do Sul, estado do Rio Grande do Sul.

3.2.1 | Justificativa do Trabalho

A indústria de extração de ametista é composta, basicamente, por micro e pequenas empresas, constituindo-se, fundamentalmente, em organizações que utilizam métodos de extração primários, não havendo maiores preocupações com relação a (1) implementação de metodologias que possibilitem redução de custos, (2) segurança do trabalho, (3) redução de impactos ambientais e (4) padronização das atividades.

Por outro lado, faz-se necessário, também, que os métodos de gestão utilizados estejam em consonância com os modernos conceitos de Engenharia da Produção.

A justificativa deste trabalho se dá pela possibilidade de redução de perdas, redução de custos, conforto ambiental, segurança do trabalho, maximização das reservas e recursos e maior desenvolvimento regional por meio do estudo da possibilidade de utilização de novas alternativas de gestão da produção na indústria de extração de ametista.

3.2.2 | Desenvolvimento do Método

O método desenvolvido para a elaboração deste trabalho foi constituído de quatro etapas sequenciais e inter-relacionadas, descritas a seguir.

Primeiramente, a partir do conhecimento dos princípios e técnicas do STP e da ideia de sua adaptação à indústria de extração de ametista, foi realizada uma revisão bibliográfica em publicações com temas relacionados com modernos métodos de gestão, ferramentas da qualidade, métodos de identificação, análise e solução de problemas, STP, métodos de desmonte de rocha, métodos de ventilação subterrânea, entre outras.

A segunda etapa compreendeu a análise do problema em si, com o objetivo de viabilizar a utilização dos princípios e técnicas do STP por sua adaptação na indústria de extração de ametista.

Uma vez concluída a etapa anterior, a proposição de um método de intervenção constituiu a terceira etapa, pela adaptação dos princípios e técnicas de Engenharia de Minas e Engenharia de Produção à indústria de extração de ametista, com vistas a implementação de melhorias no processo produtivo.

Para a realização da quarta etapa, propôs-se a escolha de um garimpo piloto, denominado Mina dos Potrich, transformado em um laboratório de experimentos para a implementação efetiva dos conceitos e princípios de Engenharia de Minas e Engenharia de Produção. Na medida em que novos conceitos forem implementados, este garimpo tenderá a se transformar em um garimpo MODELO para a região.

A etapa final compreende a elaboração deste documento com a apresentação do trabalho desenvolvido e dos resultados obtidos.

Sabe-se que para que um processo de mudança ocorra e seja bem sucedido em uma organização, é necessária a sinergia de duas correntes opostas existentes na mesma: a primeira, com sentido do topo para a base na escala hierárquica, representada por alguém que detém o poder (no caso da indústria de extração de ametista, o dono do garimpo), dando início ao processo de mudança; e uma segunda, com sentido da base para o topo na escala hierárquica, representada pelos colaboradores (no caso da indústria de extração de ametista, os garimpeiros), aceitando e participando ativamente do processo de mudanças. O encontro destas duas correntes de sentidos opostos faz com que o processo de mudança aconteça.

Desta forma, para que um processo de mudanças tenha possibilidade de sucesso dentro de uma organização, é necessário que o método de trabalho utilizado para a sua implementação tenha um caráter “motivacional”, induzindo todos os trabalhadores a se envolverem e participarem efetivamente do mesmo. Isto significa que o método de trabalho deve ir de encontro às expectativas dos mesmos.

Na indústria de extração de ametista, observou-se que a primeira necessidade citada pelos garimpeiros era melhorar as condições gerais de trabalho pela redução dos gases e poeira gerados durante as operações, aumentando, assim, a expectativa de vida dos garimpeiros. Esta necessidade foi satisfeita pela realização de melhorias do processo de produção pela atuação direta em uma atividade essencialmente vinculada à Engenharia de Minas: a ventilação de subsolo.

Manter as condições atuais e acelerar a produção na indústria de extração de ametista, sem modificar a forma de gestão, significa reduzir a expectativa de vida dos garimpeiros, pois eles estariam mais tempo envolvidos diretamente com as más condições de trabalho existentes, de uma forma geral, nos garimpos.

Nos tempos modernos, a gestão nas organizações deve levar em consideração tanto os aspectos técnicos, relacionados com a hierarquia, os processos, os custos e a tecnologia, entre outros, como também os aspectos humanos, tais como a motivação para o trabalho, a criatividade, a liderança, as relações interpessoais e os demais fatores envolvidos no relacionamento humano.

O método de trabalho aqui proposto considera estes dois aspectos: juntamente com a agregação do conhecimento técnico adquirido por meio dos princípios e técnicas do STP, também uma mudança comportamental das pessoas ocorre simultaneamente, pela sua efetiva participação, integração e envolvimento, tanto na conceituação como na implementação do processo de mudanças.

Neste sentido, a proposta de pesquisa-ação, na opinião de Thiollent (1997), constitui um método de pesquisa no qual os aspectos acima mencionados são amplamente considerados. O método propõe a realização de uma pesquisa envolvendo pessoas ou grupos pertencentes aos vários níveis hierárquicos da organização que têm implicação com um problema para a obtenção de um diagnóstico que irá desencadear ações que provocam mudanças na organização.

Desta forma, a pesquisa-ação possui um caráter participativo, pelo fato de promover a integração entre todas as pessoas envolvidas em uma determinada situação que se encontra em investigação.

A efetiva participação de pessoas ou grupos nesse processo, de forma mais ampla possível, legitima o diagnóstico e as ações propostas: não se tratam de ações impostas de “cima para baixo”, de forma autoritária, mas de ações que contam com o apoio do corpo funcional da organização. Esta sai fortalecida em função da discussão construtiva sobre os seus problemas.

Afirma Thiollent (1997, p.149) que a “cultura organizacional é considerada como importante fator de produtividade e criatividade nas organizações industriais...”. A pesquisa-ação é: “uma forma de questionamento de dada situação de modo a auxiliar os participantes na formulação de suas perguntas e na busca de respostas no seio da coletividade, o que poderá levá-los a uma tomada de consciência (ou forma de aprendizagem). O objetivo da pesquisa-ação consiste também em auxiliar na tomada de decisão, a ser orientados em função dos valores ou objetivos coletivamente identificados”.

Os conceitos apontados na pesquisa-ação coincidem com aqueles desenvolvidos durante a construção do STP. Com efeito, afirma Shingo (1996b): “o STP, no qual se encoraja o trabalhador a fazer sugestões, conduz a um respeito maior pela dignidade humana”. O autor enfatiza, ainda, que “enquanto o respeito pela dignidade humana no trabalho é de máxima importância, também deverá ser dada atenção ao lado humano dos trabalhadores fora do trabalho”.

Ao considerar a proposta da pesquisa-ação na implementação dos princípios e técnicas do STP, o comprometimento de todos os funcionários da empresa com o processo de mudanças e seus resultados se torna uma realidade e, como consequência, suas possibilidades de sucesso se tornam maiores.

Neste sentido, uma das ações prioritárias realizadas foi a redução do pó e gases existentes nas galerias dos garimpos de ametista, ação originada em função de uma proposição dos garimpeiros.

3.2.3 | Delimitações do Método

Este trabalho é restringido às seguintes delimitações:

- Desenvolver um modelo de gestão resultante da sinergia entre a Engenharia de Minas e a Engenharia de Produção, com vistas à implementação de melhorias no processo de produção de ametistas, à ampla utilização dos recursos disponíveis e ao aumento da qualidade de vida dos trabalhadores nos garimpos localizados no município de Ametista do Sul, estado do Rio Grande do Sul.
- Limita-se a propor o desenvolvimento de um garimpo MODELO, por meio da formulação de uma estrutura de melhorias e da construção de um processo de mudanças, com base no modelo de gestão resultante da sinergia entre a Engenharia de Minas e a Engenharia de Produção.

4 | CARACTERÍSTICAS DO ESTUDO DE CASO: GARIMPOS DE AMETISTA

São apresentadas as características específicas dos garimpos de Ametista do Sul, concentradas principalmente no garimpo selecionado como garimpo piloto (Mina dos Potrich), a partir da gênese de suas jazidas, bem como o método de extração (lavra).

4.1 | Aspectos Geológicos

Segundo Elder *et al.* (1995), todos os processos vulcânicos que foram ativos desde o Jurássico superior (aproximadamente há 150 milhões de anos) até o Cretáceo inferior (aproximadamente há 120 milhões de anos) contribuíram para a formação da região de Ametista do Sul, parte da Formação Serra Geral da Bacia do Paraná. Estes processos compreendem nove derrames basálticos, com delgados níveis irregulares de arenitos eólicos.

As zonas de mineralização onde se encontram os geodos de ametista ocorrem num nível bem definido geologicamente, podendo ser identificado pelas características minerais da rocha ou mesmo pela posição na coluna estratigráfica.

As galerias de acesso ao minério (geodo de ametista) estão sendo desenvolvidas em um pacote de rochas que pode ser dividido da seguinte forma:

Basalto (laje): rocha portadora das mineralizações situada aproximadamente na cota 400 m. É denominado de “laje” e se constitui de uma unidade basáltica com fraturas verticais e horizontais. Esta unidade varia de 0,5 até 2,5 m. O basalto é

afanítico, com textura holocristalina seriada a porfirítica, por vezes hemicristalina. Numa seção de um geodo típico, encontram-se na base bandas de quartzo microcristalino e calcedônia; logo acima cristais maiores de quartzo mal cristalizados e esbranquiçados, abaixo de uma camada de ametista, que pode ser ou não bem cristalizada e de cor violeta, junto à mineralizações tardias de calcita. Estes geodos possuem, em geral, forma cilíndrica que varia de centímetros a metros.

Basalto fraturado: rocha localizada no *footwall* (teto) das galerias. É denominado de “cascalho”, com espessuras que podem variar de 1 a 2,5 m. Acima desse pacote, existe uma camada vesicular denominada de “biju”.

Basalto vesicular superior (biju): este pacote de rochas possui pequenas vesículas totalmente preenchidas (1 a 2 cm), com calcedônia, ágata e quartzo.

O conjunto de “laje + cascalho” forma um pacote de rochas de espessura aproximadamente constante em 3,5 m, com suaves ondulações locais, denominadas de rebaixos e levantes. Nos rebaixos, não se encontram mineralizações. Em alguns garimpos, as aberturas acompanham essas ondulações, enquanto que em outros as galerias seguem uma cota definida, acarretando aberturas, hora na laje e hora no cascalho. As galerias com dimensões de até 4 m são aparentemente estáveis quando não se remove a camada que constitui o teto (“cascalho”), não sendo necessário qualquer tipo de escoramento ou suporte. As situações de instabilidade ocorrem quando se elimina o cascalho, situando o teto na camada denominada biju, facilmente alterável e de baixa resistência mecânica.

A gênese da ametista da região do Alto Uruguai (RS) deve ter ocorrido em um ambiente epitermal, sob temperaturas em torno de 1.000°C ou em temperaturas inferiores a esse valor. Já os minerais de sílica indicam temperaturas da ordem de 40 a 500°C para a formação desses minerais e, para a calcita, indica temperaturas de cristalização para esse mineral tardio da ordem de 300°C.

4.2 | Lavra de Ametista

De acordo com a estrutura das operações apresentadas por Shingo (1996a, p.76), as operações do processo de produção de ametistas consistem em operações principais e auxiliares. As operações principais agregam valor ao produto, enquanto que as operações auxiliares, apesar de necessárias para a realização das operações principais, não agregam valor ao produto.

Na Figura 1, as operações principais e auxiliares do método de extração de ametistas estão relacionadas.

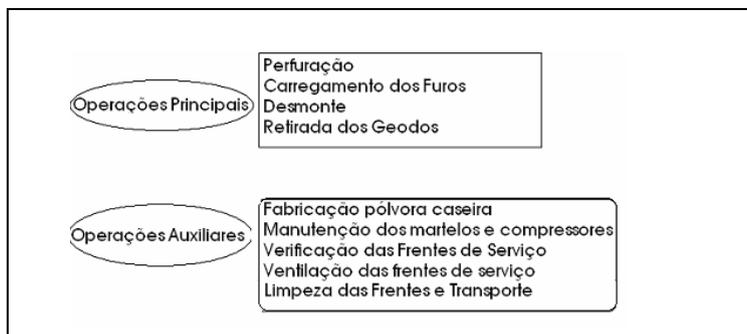


Figura 1. Operações principais e auxiliares do processo de produção de ametistas

4.2.1 | Perfuração

A capacidade de perfurar uma rocha para preparar a remoção desta com explosivos depende muito da dureza dos minerais e do equipamento usado. Normalmente, equipamentos de perfuração são constituídos por uma perfuratriz, um sistema de avanço, um dispositivo de apoio e locomoção que pode ser o próprio corpo e uma fonte de ar comprimido. Resumindo, a perfuração consiste de alimentação (percussão), rotação e limpeza.

As perfuratrizes podem ser percussivas, rotativas, percussivo-rotativas ou de fundo de furo (DTH). Na região de Ametista do Sul, as perfuratrizes percussivas são as mais utilizadas. Estas funcionam por meio de golpes e rotações através de ar comprimido fornecido por compressor externo. A rocha é partida em pequenos fragmentos ou cavacos por meio de grande força ou pressão que é aplicada sobre um botão ou pastilha de metal duro em contato com o material.

O diâmetro e a profundidade dos furos para se obter o tamanho de fragmentos desejados determinam o tipo de perfuratriz. Para minas subterrâneas, túneis e pequenos garimpos, são usados furos pequenos e de pouca profundidade. Os parâmetros mais importantes são: energia e frequência do impacto, velocidade de rotação, força de alimentação (avanço) e da limpeza do furo.

A limpeza dos cavacos e poeira gerados no interior do furo é fundamental para uma boa perfuração, podendo ser feita por ar ou água. Para perfurações em ambiente externo como pedreiras, a limpeza do furo por ar é mais comum, no entanto em operações subterrâneas, deve-se empregar água para

diminuir a geração de poeira e calor. Se a limpeza não é suficiente, pode ocorrer travamento da haste no furo, pouca eficiência no avanço e desgaste do metal duro e haste.

Nos garimpos da região de Ametista do Sul, a perfuração dos furos que posteriormente serão utilizados para o desmonte de rochas é feita normalmente com pequenas perfuratrizes pneumáticas de 12 kg e ar comprimido, sem auxílio de água na limpeza. Este processo gera alta quantidade de poeira, deixando o garimpeiro exposto a sílica livre, além de maior ruído, calor e pouca visibilidade.

Os martelos pneumáticos mais utilizados na região são os produzidos pela COMEPRE Equipamentos Pneumáticos Ltda. que possui representante na cidade de Ametista do Sul (Zanelatto Ltda). No início das operações garimpeiras da região de Ametista do Sul, a perfuração da rocha encaixante dos geodos era executada por meio de martelos e ponteiros de aço.

Nessa época o uso de água impedia a geração de pó nas galerias e a escala de produção era reduzida.

A partir da década de 1980, a perfuração do basalto passou a ser feita com marteletes pneumáticos de pequeno porte com limpeza dos furos por ar comprimido.

A produção de ametista sofreu, a partir daí, um incremento considerável. No entanto, a deterioração das condições de trabalho aumentou na mesma medida, agravadas principalmente pela quantidade de pó no ambiente de garimpo subterrâneo. A principal consequência desse ambiente insalubre está expressa na alta incidência de pneumoconioses (principalmente a silicose) no município de Ametista do Sul e

municípios vizinhos. A incidência verificada atualmente aproxima-se de 500 casos, que culminam em mortes e invalidez prematura dos garimpeiros.

Das atividades de extração dos geodos de ametista, a etapa da perfuração é, portanto, uma das que mais causa dano à saúde dos trabalhadores, sendo um inimigo silencioso que não é percebido de imediato pelo garimpeiro, mas que compromete a saúde totalmente com o passar dos anos.

As partículas (poeira), por terem uma granulometria muito fina, permanecem por muito tempo em suspensão, em contato com os trabalhadores, prejudicando a sua saúde.

Essa situação é agravada pela inexistência de um sistema de renovação de ar, o que torna a máscara, de uso não muito frequente, praticamente inócua.

Por meio de um processo de investigação conjunta (garimpeiros, pesquisadores da UFRGS e empresas) foi inicialmente desenvolvido um sistema de auxílio de perfuração com água para martetele pneumático leve (12 kg) dotado de dispositivo de pulverização.

No Brasil, sistemas desse tipo são utilizados pelas empresas de mineração subterrânea; no entanto, os marteteles pneumáticos utilizados são normalmente mais pesados, ancorados em suportes de apoio.

Nos garimpos de pedras preciosas do Distrito Mineiro de Ametista do Sul, no entanto, a utilização desses equipamentos mais pesados não é ainda adequada devido às dimensões das galerias e aos requisitos de extração (não danificar as pedras preciosas) que impedem uma utilização versátil de equipamentos de maior porte, pois esses equipamentos

necessitam de um maior espaço para operar, pelo menos até se obter estudos de mecânica de rochas e dimensionamento adequado de pilares e galerias.

O desenvolvimento de sistema de marteleto pneumático leve com injeção de água para garimpo de pedras preciosas no Distrito Mineiro de Ametista do Sul (RS), portanto, deveria considerar os quesitos custo, praticidade e operacionalidade. Além disso, deve-se considerar a principal prioridade apontada pela Cooperativa dos Garimpeiros do Médio Alto Uruguai Ltda. (COOGAMAI) como sempre sendo buscar formas de solucionar o problema do pó na perfuração.

Desse modo, optou-se inicialmente por desenvolver um kit adaptável a qualquer equipamento de perfuração de 12 kg de modo a eliminar a principal fonte geradora de poeira, pois sem a eliminação dessa, haveria a necessidade da instalação de equipamentos de ventilação de grande porte, por exemplo.

A perfuração com o uso de água para redução do pó nas galerias dos garimpos de ametistas contribui significativamente, na lógica do Mecanismo da Função de Produção desenvolvida por Shingo (1966a), para a redução do tempo de espera para a saída dos gases nas galerias, possibilitando a redução do tempo de atravessamento de produção (tempo decorrido desde o início do fluxo de produção até a obtenção do produto final: o geodo de ametista).

Com base nos diagnósticos de diversos trabalhos anteriores e de observações *in situ*, nota-se que nos trabalhos de perfuração, ao se utilizar perfuratriz pneumática para os furos de avanço e ou furos para liberar os geodos, temos:

a) Geração de poeira mineral (sílica) respirável.

- Ambiente de pouca visibilidade e segurança.
- Geração de ar quente.
- Geração de ruído.

A ocorrência de elevados níveis de ruídos e poluição do ar pela emissão de gases e material particulado pode causar danos à saúde humana como a surdez e doenças respiratórias. A poluição do ar por material particulado pode diminuir a visibilidade provocando acidentes e retardando as operações, além de ocasionar efeitos adversos à saúde e qualidade de vida dos trabalhadores.

O Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA, pela Resolução 003, de 28 de junho de 1990 (publicada no D.O.U. de 28/08/90), fixou em nível nacional os padrões de qualidade do ar como metas a serem atingidas em todo o território nacional. De forma geral, foi estabelecido um grupo de poluentes que servem como indicadores da qualidade do ar, como dióxido de enxofre, material particulado em suspensão, monóxido de carbono, oxidantes fotoquímicos expressos por ozônio, hidrocarbonetos totais e óxidos de nitrogênio. A razão da escolha desses parâmetros como indicadores de qualidade do ar está ligada à sua maior frequência de ocorrência e efeitos adversos ao meio ambiente.

Procedeu-se a comparação das concentrações medidas com os parâmetros estabelecidos a fim de se estabelecer a qualidade do ar no local. A Tabela 1 a seguir mostra os padrões de qualidade do ar (CONAMA 03/90) para alguns dos poluentes atmosféricos normalmente analisados.

Tabela 1. Poluentes segundo o CONAMA 03/90.

Poluente	Valor Máximo
Partículas totais suspensas	80 mg/m ³ / ano
Dióxido Enxofre	80 mg/m ³ / ano
Monóxido Carbono	35 ppm 1 hora

Os fabricantes que suprem os garimpeiros da região com perfuratrizes de 12 kg são: PW Hidropneumática Ltda., Metalúrgica Wolf Ltda e COMEPRE. Equipamentos Pneumáticos Ltda., todas baseadas no desenho original comercializado pela Atlas Copco do Brasil Ltda., podendo compartilhar a maior parte das peças. A Tabela 2 apresenta as especificações técnicas normalmente encontradas nas perfuratrizes comercializadas (marteleto pneumáticos).

Como principais desvantagens, pode-se citar o pequeno avanço para desenvolver as galerias, além da geração de poeira, ar quente e ruído, comuns a qualquer equipamento de perfuração de rocha que trabalhe a seco, sem nenhum equipamento para coleta de pó.

Tabela 2. Especificações técnicas normalmente encontradas nos marteleto pneumáticos.

Característica	Unidade
Comprimento (mm)	505
Frequência de impacto (pulsos/s)	43
Velocidade de rotação (r/min)	220
Razão de penetração (mm/min)	150
Conexão (mm)	19
Consumo de ar (l/s)	24
Peso (kg)	12

As sugestões de melhoria e as ações efetivas testadas para a perfuratriz de 12 kg, cuja demanda aproximada é de 50 furos/dia/galeria foram, basicamente, a utilização de água junto ao ar comprimido e ventilação, ambas contribuindo para a redução do tempo de espera no fluxo de produção. Soluções como utilização de ciclonagem foram rapidamente abandonadas devido ao seu alto custo e complexidade.

A ideia mais aceita e de melhor custo benefício consistiu na aspersão de pequena quantidade de água para aglomerar a poeira, de modo a não atrapalhar o processo de perfuração e fragmentação por deflagração de pólvora caseira.

Como impacto esperado, tinha-se a redução da poeira mineral na fração respirável, o aumento de visibilidade, o aumento na velocidade de avanço da operação de perfuração e a redução sensível de ruído.

A partir disso, foi criado um protótipo pela empresa PW Hidropneumatica Ltda (Representada pela COPEX Ltda., no Rio Grande do Sul). Esse equipamento que consistiu de cabeçote especial para utilização com água, Perfuratriz PWHP-12, tanque para água pressurizado de 100 l de capacidade, válvula de dosagem de água, válvula de segurança e registro de diâmetro 2". Foram utilizadas mangueiras de entrada tipo 3/4", pressão de trabalho 7 Kg/cm² e mangueira de ar/água tipo 3/8" e pressão de trabalho 7 Kg/cm².

O preço do protótipo completo, com tanque pressurizado e perfuratriz PWHP12 com cabeçote especial para água foi de aproximadamente R\$ 5.300,00. O sistema poderia ser utilizado nos outros equipamentos similares desde que o fabricante os forneça com o cabeçote para uso de água. A Tabela 3 mostra as perfuratrizes compatíveis comercializadas na região:

Tabela 3. Perfuratrizes compatíveis.

Fabricante	Modelo
Atlas Copco Brasil Ltda	BBD12
Metalúrgica Wolf Ltda	MW 12
PW Hidropneumatica Ltda	PWHP 12
Cometre Equip Pneumáticos Ltda	MC 112 ar e água

Os testes iniciais do sistema mostraram que as perfuratrizes tiveram problemas internos misturando água e óleo, além de difícil regulagem da vazão de água e fixação da haste de perfuração, o que causou desgaste prematuro das peças internas. O martelete pneumático com adaptação para uso com água possuía registro tipo agulha que variava o volume de líquido injetado no furo, de difícil regulagem acarretando excesso de água nos furos. Seria então necessário encartuchar a pólvora para uso em furos com muita água, o que demandava muito tempo, ou então “assoprar” os furos com haste furada conectada a uma mangueira de ar pressurizado.

Após os problemas constatados nessa primeira tentativa, partiu-se para utilização de perfuratrizes do fabricante COMEPRE, modelo MC 11212 kg Ar e Água. Esse equipamento não necessitou do sistema de injeção de água descrito acima, mas simplesmente utilizou água levada até as galerias por gravidade.

Para a água condensada no circuito, foi criado um reservatório pulmão para armazenagem de água, o que elimina a umidade condensada dentro das mangueiras.

Juntamente a este tanque foi colocado um lubrificador de linha (“denominado pelos garimpeiros de batata”) para melhor lubrificar o sistema. Desde então, esse tem sido o equipamento de melhor eficiência para perfurar rochas com auxílio de ar e água. (Ver Figura 2).

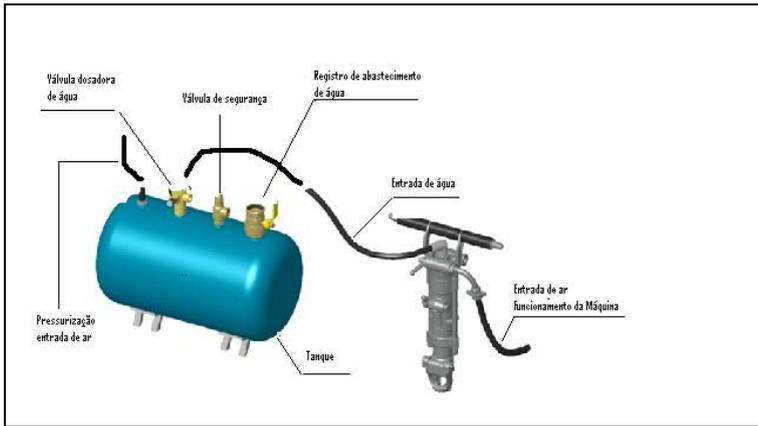


Figura 2 Sistema de perfuração com água (Cedido por Copex Ltda.).

O impacto das mudanças foi perceptível, Tabela 4, foram confirmadas com a grande redução na quantidade de poeira, depois da adoção de perfuração à úmido, além de melhorias na ventilação.

Tabela 4. Aferição da quantidade de poeira.

Data	Concentração de Poeira mg/m ³
22 de novembro de 2004	60,3
16 de maio de 2005	3,2

Desse modo obteve-se com a diminuição de poeira:

- Aumento de visibilidade para todas as operações.
- Redução do tempo de espera para a saída dos gases nas galerias.
- Redução do tempo de atravessamento de produção.
- Aumento da produtividade.
- Redução do risco de doenças ocupacionais.
- Aumento da qualidade de vida dos trabalhadores.

4.2.2 | Carregamento

O carregamento dos furos consiste na inserção de fio de cobre de pequeno diâmetro para iniciação por fagulha elétrica da pólvora, carregamento do furo com pólvora com atacador de aço, tamponamento do restante do furo com pó de furação e escova do tampão.

O transporte do explosivo até as frentes de serviço é feito em sacos de ráfia, e o carregamento dos furos é realizado com o auxílio de uma pá feita de madeira ou PVC em formato de meia cana (1 ½' de diâmetro). Neste processo, existe perda de pólvora, que cai do furo ao se carregar o mesmo.

Após a colocação do sistema de iniciação, é feito o carregamento com pólvora até se preencher 50% do volume do furo (comprimento máximo de 500 mm e 25 mm ou 1' de diâmetro). Na sequência, se procede a escova da pólvora com a mesma pá utilizada para o carregamento.

O processo é finalizado com tamponamento do restante do furo com pó de furação, sendo posteriormente escovado com a utilização de uma haste metálica e um martelo.

4.2.3 | Desmonte

A introdução da pólvora negra para fragmentar e escavar rochas aparentemente ocorreu por volta do ano 1600. Apesar do grande progresso no corte de rocha e fragmentação por meios mecânicos, desmonte de rochas com uso de explosivos e em alguns casos a pólvora é ainda o melhor método para escavar e mover esses materiais em diversas situações. A escavação de rochas é normalmente um processo complexo que exige perfuração, detonação, carregamento e transporte.

Já que os depósitos de minério são únicos e estão se tornando cada vez mais raros e complicados para escavar, altos custos de produção requerem a otimização de cada componente da operação de mineração, de modo a se obter o maior lucro possível.

O desmonte com explosivos é, particularmente, uma importante parte da maioria das operações mineiras, além de influenciar a operação de mineração como um todo, interferindo nos custos de carregamento, transporte e armazenagem dos produtos.

No caso de Ametista do Sul, as galerias são desenvolvidas através de avanços por perfuração e detonação com pólvora caseira, com a realização de furos em toda a frente de avanço.

O quilograma da pólvora obtida segundo a formulação utilizada no local não ultrapassa a R\$ 1,30 (outubro 2005). Nas frentes de lavra, são realizados de 15 a 20 furos por avanço, com uma profundidade máxima de 500 mm.

Nem sempre todos os furos são detonados, pois isso depende da possibilidade de se encontrar ou não geodos de ametista na frente de lavra. Uma vez encontrado o geodo, o procedimento de desenvolvimento da galeria é paralisado a fim de se retirar o mesmo sem danificá-lo pelo uso da pólvora.

Não sendo encontrado nenhum geodo na frente de lavra, os furos são preenchidos com pólvora de mistura caseira, cujos insumos são fornecidos pelo dono do garimpo. A pólvora é iniciada por corrente elétrica de fio de cobre de baixa amperagem, ligado à corrente elétrica local.

Os furos são adensados com “atacador” de aço e tamponados com pó de perfuração. Depois de terminada a operação de carregamento e também de ligação dos furos, estes são conectados a um fio elétrico não energizado, fixado no teto da galeria. Depois de recolhidas todas as ferramentas, o garimpeiro desloca-se para um local seguro, conecta a rede, causando a deflagração instantânea dos furos que estiverem conectados. Sem esperar o tempo necessário para a diluição de poeira e fumaça, o garimpeiro retorna a frente de serviço e verifica o resultado, ou trabalha em outra galeria.

Este procedimento, ao longo dos anos, tem ocasionado danos irreversíveis à saúde dos trabalhadores.

O número de furos realizados por frentes de serviço depende da existência ou não de geodos de ametista. Não existe na região um padrão de carregamento dos furos ou mesmo plano de fogo. Portanto, não se conhece a razão de carga utilizada nos desmontes. Também não existe padrão de furação, sendo os furos distribuídos de forma aleatória (direção e posição) nas frentes de lavra.

Os furos são realizados de acordo com a experiência de cada garimpeiro, que procura através da distribuição dos furos na frente de lavra arrancar “lascas” de rocha, não se preocupando com o avançamento das galerias ou mesmo com as suas dimensões.

Os furos carregados não são iniciados juntos. O garimpeiro define a sequência de detonação conforme a necessidade de se retirar uma determinada porção de rocha. Posteriormente, caso não tenha sido encontrado nenhum geodo, ele retorna para ligar e dar continuidade ao serviço.

4.2.4 | Retirada do geodo de ametista

No caso de se encontrar um geodo de ametista, é feita uma inspeção da qualidade do mesmo, inserindo-se uma lâmpada por um pequeno orifício. O geodo é então classificado para ser retirado ou abandonado. Identificada a existência de um geodo de qualidade, é iniciado o processo de recorte e retirada deste da face da galeria.

O recorte é feito com o próprio martelo de furação realizando-se furos paralelos nos limites do geodo. Com os limites definidos, o garimpeiro, com o auxílio de uma talhadeira, procede ao desbaste e a retirada do restante dos fragmentos de rocha que o prendem na rocha encaixante.

Depois de retirados, os geodos de ametista são transportados com, o auxílio de uma carreta e carregados para a caçamba da carreta com auxílio de prancha de madeira. Os geodos são armazenados em local adequado, onde é feita a avaliação do seu valor pelo dono do garimpo, destinando, após a venda, parte do valor do produto ao garimpeiro, na maioria dos casos, 40% do valor estimado para o geodo.

4.2.5 | Limpeza das frentes e transportes

A limpeza do material oriundo do desmonte de rochas, que na ótica do Mecanismo da Função de Produção desenvolvido por Shingo (1996a) corresponde a uma atividade de transporte, é feita semanalmente ou quando à frente de serviço não está em atividade.

A limpeza é feita por um garimpeiro extra que não está envolvido diretamente no ciclo de trabalho, sendo este remunerado por este trabalho específico. Ele é responsável pela retirada do material depositado nas laterais da galeria e pelo transporte até o depósito de resíduos.

O carregamento desse material considerado resíduo no compartimento de carga do veículo é manual e transportado por veículos típicos do garimp . Este processo de carregamento e transporte demanda uma quantidade de tempo razoável, além de alto risco ergonômico e de acidente no trabalho.

Além disso, é realizado o transporte manual de pólvoras e acessórios de perfuração/detonação, mangueiras e todos os outros insumos que também provoca alto risco ergonômico e de acidente no trabalho.

O material retirado é transportado até os locais de deposição onde é basculado, formando os grandes depósitos de resíduos (Figura 3).



Figura 3. Depósitos de resíduos do garimpo e veículo de transporte dos garimpeiros.

4.2.6 | Fabricação de pólvora caseira

Dentre as operações auxiliares, destaca-se a mistura para preparo de pólvora negra, sem padrão definido. A pólvora é constituída de carvão vegetal moído, nitrato de potássio (salitre) e enxofre, sendo que as proporções variam por garimpo. Normalmente, a formulação constante na Tabela 5 é a mais utilizada (garimpo piloto – Mina dos Potrich).

Tabela 5. Formulação de pólvora caseira encontrada em Ametista do Sul.

Insumo	Quantidade (%)
Nitrato de potássio (salitre do Chile)	70
Carvão vegetal	28
Enxofre	2

4.2.7 | Manutenção dos martelos e compressores

Esta tarefa é realizada apenas quando existe a quebra dos martelos ou compressores, não existindo um programa de manutenção preventiva para estes equipamentos ou mesmo uma padronização dos componentes de reposição utilizados. No garimpo piloto, os compressores dispõem de local adequado com rede elétrica dimensionada para o seu uso e proteção contra eventuais acidentes.

Entretanto, a realidade dos outros garimpos é a instalação dos compressores até dentro de galerias, ficando sujeitos a grande quantidade de poeira, manutenção deficiente e pouca luminosidade para inspeção.

4.2.8 | Verificação das frentes de serviço

O processo de iniciação dos furos apresenta diversos riscos, além de falhas. Ao retornar à frente de serviço, o garimpeiro pode ser surpreendido por um destes fogos “retardados”, já que a pólvora pode apresentar queima lenta em determinadas situações.

Outro fato importante é que neste processo de verificação das frentes o garimpeiro fica exposto a um alto nível de gases tóxicos da detonação e poeira que ainda não foi diluída ou ventilada para fora da galeria.

Como a visibilidade dentro da galeria é baixa após as detonações para a conexão dos novos furos e verificação das frentes, o garimpeiro carrega uma lâmpada em uma das mãos, enquanto verifica a frente de serviço e conecta novos furos, podendo iniciá-los também de forma acidental.

O processo de desmonte de rochas com a conexão dos furos, detonação e verificação das frentes se repete até que todos os furos sejam detonados. A verificação das frentes se constitui unicamente na presença ou não de geodos de ametista, não existe cuidado com blocos soltos no teto e laterais da galeria.

4.3 | Ventilação

A ventilação tem como principal objetivo fornecer ar fresco e limpo às frentes de trabalho em quantidade adequada para assegurar as condições mínimas de higiene e segurança dos trabalhadores, além de maior produtividade. A ventilação prevê um circuito de entrada de ar limpo por insuflação ou exaustão e saída, de ar contaminado, de acordo com a Norma Regulamentadora da Mineração do DNPM - NRM 22 - segurança e saúde ocupacional na mineração.

A definição de um sistema de ventilação para as galerias dos garimpos de Ametista do Sul é fundamental na medida em que a renovação do ar nas galerias possibilita:

- Remoção de partículas geradas na perfuração do basalto com marteletes pneumáticos.
- Remoção dos gases produzidos pela queima da pólvora no desmonte das rochas basálticas.
- Não permitir ambiente de pouca visibilidade e segurança;
- Minimizar a geração de ar quente e úmido pela respiração e utilização de motores de combustão.
- Reduzir o tempo de espera para a eliminação dos gases, reduzindo o tempo de atravessamento do processo de produção de ametistas.

O uso de transporte movido a motor a gasolina ou diesel também gera material particulado, além de geração de gases nitrosos, CO₂ e CO. O Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA, por meio da Resolução 003, de 28 de junho de 1990 (publicada no D.O.U. de 28/08/90), fixou em nível nacional os padrões de qualidade do ar como metas a serem atingidas em todo o território nacional.

De uma forma geral, foi estabelecido um grupo de poluentes que servem como indicadores da qualidade do ar, como dióxido de enxofre, material particulado em suspensão, monóxido de carbono, oxidantes fotoquímicos expressos por ozônio, hidrocarbonetos totais e óxidos de nitrogênio.

A razão da escolha desses parâmetros como indicadores de qualidade do ar está ligada à sua maior frequência de ocorrência e efeitos adversos ao meio ambiente.

Deve-se proceder a comparação das concentrações medidas com os parâmetros estabelecidos a fim de se estabelecer a qualidade do ar no local.

A Tabela 6 mostra os padrões de qualidade do ar (CONAMA 03/90) para alguns dos poluentes atmosféricos normalmente analisados.

Tabela 6. Poluentes segundo o CONAMA 03/90.

Poluente	Valor Máximo
Partículas totais suspensas	80 mg/m ³ / ano
Dióxido Enxofre	80 mg/m ³ / ano
Monóxido Carbono	35 ppm 1 hora

As galerias dos garimpos no Distrito Mineiro de Ametista do Sul são fundamentalmente de 2 tipos:

- Garimpos em que há somente uma galeria de entrada e saída. Nesses garimpos, a entrada e a saída de ar, de pessoas e de equipamentos são feitas por meio de um mesmo túnel (situação “fundo de saco”).
- Garimpos em que há um maior número de galerias com saída externa. Nesses garimpos, apesar da entrada e da saída de pessoas, materiais e equipamentos ser feita por apenas uma galeria, as trocas de ar entre o interior e o exterior podem ser feitas com outras galerias conectadas com o exterior, mas momentaneamente desativadas do ponto de vista operacional.

O garimpo piloto é um garimpo do primeiro tipo: apenas uma galeria conecta o interior e o exterior, servindo de meio para deslocamento de pessoas, equipamentos, materiais e para a renovação do ar.

Para iniciar os estudos de projeto e dimensionamento do sistema de ventilação, utilizou-se de equipamentos e materiais básicos disponíveis na região de Ametista do Sul.

Esses equipamentos e materiais foram: lonas plásticas, ventiladores, motores elétricos e chapas e aros de aço galvanizados.

O objetivo foi demonstrar aos garimpeiros a possibilidade de que eles possam construir os seus próprios equipamentos de ventilação a custos reduzidos, além de entender os princípios básicos de ventilação. Assim, as lonas foram transformadas em dutos quando costuradas em um “sapateiro” local; as chapas galvanizadas e tonéis foram transformados em dutos de suporte etc.

Foi realizada em janeiro de 2005 uma visita à mina de carvão subterrânea na localidade do Rio Deserto em Santa Catarina, sob supervisão do Engenheiro de Minas Pablo Carlin Diaz, bem como na mina subterrânea de fluorita da Nitroquímica (antiga Mineração Floral) sob supervisão do Engenheiro de Minas Alessandro Medina, ambas próximas a Criciúma/SC.

Desse modo, foi possível compreender e visualizar os conceitos de ventilação, além de segurança do trabalho, transporte e perfuração por um grupo de donos de garimpos de Ametista do Sul.

A avaliação inicial do sistema de ventilação envolveu a discussão com os garimpeiros de duas possibilidades:

- a) Sucção do ar.
- b) Insuflação de ar. Esse período de experimentação prática resultou nas seguintes conclusões:
 - Insuflar o ar para o fundo das galerias aparentemente “reduz” o pó da perfuração mais rapidamente.
 - Insuflar o ar para o fundo das galerias aparentemente leva ar renovado mais rapidamente para as frentes de trabalho.
 - Insuflar o ar para o fundo das galerias permite que o garimpeiro volte mais rapidamente a trabalhar em sua frente de extração.

Essas discussões foram marcadas, num determinado período da experiência, por uma preferência pelo duto de ventilação dentro do garimpo. Estrategicamente, instalou-se somente um duto de ventilação. Caso não houvesse esta disputa entre os garimpeiros, a solução ou a experiência não teria alcançado o

seu objetivo principal: sensibilizar os garimpeiros de que a ventilação poderia ser feita pela metodologia que estava sendo sugerida.

Não foram realizadas medições para comparar níveis de poeira, temperatura e eficiência dos garimpeiros com e sem o sistema de ventilação. Esta etapa deverá ser efetivada prioritariamente na continuidade do projeto.

Com base na utilização conjunta de perfuração a úmido e ventilação forçada, buscou-se, desde o início dos testes, mostrar a viabilidade técnica do sistema proposto. A Figura 4 mostra detalhes dos testes utilizados com motores de potência 1 a 6 cv, trifásicos de rotação superior 3.400 rpm.



Figura 4. Preparando dutos e testando ventilação.

Dessa forma, foi proporcionado nas galerias o ar mais limpo nas frentes de trabalho dos garimpos, diluindo-se as poeiras tóxicas e os gases após as detonações, bem com o ganho na redução do tempo de operação para a espera da saída do pó das galerias e os gases. De imediato, verificou-se uma melhora significativa nas etapas de lavra e também no conforto dos garimpeiros (Figura 5).



Fonte: (Pinto, 2005).

Figura 5 Sistema de ventilação instalado no garimpo piloto.

Segundo a Cooperativa dos Garimpeiros do Médio Alto Uruguai Ltda. (COOGAMAI), a investigação de um sistema de ventilação simples, de baixo custo e adequação às condições operacionais da lavra são partes importantes da pesquisa na etapa da lavra. Faz-se necessário, portanto, continuar e implementar essas melhorias no maior número possível de garimpos da região.

4.4 | Segurança do Trabalho

Durante a realização deste projeto, foram observados diversos problemas quanto à deficiência de sinalização, procedimentos e mal uso de EPI's (Equipamento de Proteção Individual). Todas as operações mineiras dos garimpos de Ametista do Sul são inseguras, não têm procedimentos claros e há uma total ausência de sinalização.

Observando-se a Norma Regulamentadora NRM 22, nota-se que muitas melhorias podem ser feitas nos garimpos da região em termos de segurança do trabalho. O objetivo deste projeto foi sugerir e adotar as melhorias mais urgentes, o que só foi possível depois de uma visita nas duas minas de Santa Catarina, ambas subterrâneas.

Os seguintes fatores devem ser levados em conta ao se discutir as melhorias necessárias relativas a Saúde e Segurança do Trabalho nos garimpos da Região:

- Riscos físicos.
- Deficiências de oxigênio.
- Ventilação.
- Ergonomia e organização do trabalho.

- Riscos decorrentes do trabalho em espaços confinados.
- Riscos decorrentes da utilização de energia elétrica, máquinas, equipamentos, veículos e trabalhos manuais.
- Equipamentos de proteção individual de uso obrigatório, observando-se no mínimo o constante na Norma Regulamentadora nº 6.
- Estabilidade do maciço.
- Plano de emergência.

Diversas melhorias foram propostas, visando o conforto ambiental dos trabalhadores, além de aumentar a segurança das operações, porém nem todas foram efetivadas. Dentre as efetivadas no garimpo piloto (Mina dos Potrich), pode-se citar:

- Limpeza e organização das benfeitorias na entrada do Garimpo.
- Sinalização externa e interna quanto ao uso de EPI e segurança das operações. Por exemplo, galerias são fechadas com corrente plástica antes das detonações, eliminando risco de acidentes.
- Monitoramento periódico de qualidade do ar.
- Operações de perfuração que evitam a dispersão da poeira no ambiente de trabalho. Os equipamentos geradores de poeira com exposição dos trabalhadores devem utilizar dispositivos para sua eliminação ou redução e serem mantidos em condições operacionais de uso.
- Recomendações para uso de ar pressurizado, como por exemplo, engate rápido (Figura 6), além de uso de água e eletricidade.



Figura 6. Sistema de segurança para engate rápido.

Instalação dos quadros de distribuição elétrica do garimpo foi totalmente revisada por um eletricista profissional, buscando-se minimizar as ligações mal feitas, onde foram instalados disjuntores de modo a garantir a segurança no caso de curtos circuitos.

Um novo depósito para a pólvora foi construído afastado do contato da energia elétrica, chama ou fagulhas e devidamente sinalizado.

Instruções sobre uso de EPIs adequados ao risco de cada operação, além da recomendação de uso de capacete, óculo, protetor auditivo, máscara para poeira e calçado. Deve-se proceder uma análise criteriosa de riscos e identificar para cada função a necessidade de EPIS, como segue na Tabela 7.

Tabela 7. Possíveis utilizações de EPI's e atividades desenvolvidas.

Equipamento de Proteção Individual - EPI	Operação
Botina, Capacete, Óculos Policarbonato, Máscara de pó.	Perfuração
Luva de PVC ou raspa, protetor auricular.	Perfuração
Botina, Capacete, Máscara de pó, luva de PVC ou raspa.	Carregamento dos furos

Os resultados obtidos com a implantação destas melhorias foram:

- Diminuição de poeira volante.
- Aumento de visibilidade.
- Aumento de produtividade.
- Diminuição da umidade do ar e gases tóxicos.
- Redução do risco de doenças ocupacionais.
- Aumento da segurança e integridade física de todos os trabalhadores.
- Redução da incidência de doenças relacionadas com poeiras, ergonomia, calor, umidade e outros.
- Redução no tempo de atravessamento devido à redução dos tempos de espera no processo de produção.
- Redução de perdas no processo de produção.

Faz-se necessária a continuidade da organização e sinalização de todas as operações, a fim de evitar acidentes e aumentar a produção. Hoje já existem alguns procedimentos seguros sendo implementados.

Nenhum trabalhador deve ser exposto a limites críticos de contaminantes como sílica cristalina respirável, dióxido de carbono, monóxido de carbono, gases nitrosos, enxofre, entre outros, além do que é autorizado segundo as normas NRM.

5 | MAPEAMENTO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE AMETISTA

5.1 | Processo de Produção de Ametista

Considerando-se as atividades que ocorrem em um processo de produção, de acordo com a lógica do Mecanismo da Função Produção desenvolvido por Shingo (1996a) – processamento, transporte, inspeção e espera –, realizou-se experimentalmente o acompanhamento do desenvolvimento de uma galeria do garimpo piloto no período de 2 a 6 de agosto de 2004.

Conforme já mencionado, optou-se por realizar o acompanhamento do desenvolvimento de uma frente de trabalho ao invés de se optar pelo acompanhamento do produto deste processo de produção – o geodo de ametista.

Isto se deve ao fato de que a ocorrência dos geodos de ametista na rocha encaixante depende da sua gênese, ocorrida durante os derrames basálticos, não sendo possível prever, com exatidão, sua existência ou não antes dos mesmos aflorarem na face das galerias em desenvolvimento.

Dessa forma, considerou-se como produto do processo de produção de ametista a própria frente de trabalho, com o objetivo de avaliar a produtividade da extração de ametista no garimpo piloto.

O surgimento de geodos de ametista é, portanto, uma consequência desta produtividade: se a mesma for alta, há um rápido desenvolvimento da frente de trabalho e os geodos de ametista existentes na rocha encaixante serão produzidos mais cedo, enquanto, se a mesma for baixa, isto significa que o

avanço da frente de trabalho é lento e a produção de geodos, em um mesmo período, menor. Os dados tabulados durante o monitoramento de uma frente de trabalho no garimpo piloto e o respectivo percentual são apresentados na Tabela 8.

Tabela 8. Dados tabulados em 2005 da produção de geodos de ametista numa galeria piloto, realizada no período de 02 a 06/08/2004.

Data	Processamento	Transporte	Inspeção	Espera	Total
02/08	269	31	6	282	588
03/08	289	15	11	285	600
04/08	342	11	8	244	605
05/08	357	9	0	255	621
06/08	108	19	0	461	588
Total (min)	1365	85	25	1.527	3.002
Total (%)	45,47	2,83	0,83	50,87	100,00

Como explicitado na Tabela 8, o monitoramento realizado na galeria possibilitou a identificação de diversas perdas no processo de extração de ametistas, com destaque para as perdas por espera, cujo percentual corresponde à metade do tempo utilizado para a atividade de extração de geodos de ametista no garimpo avaliado no período analisado.

O mapeamento detalhado do processo de produção em uma frente de lavra do garimpo piloto de acordo com a lógica da produção enxuta, no período, correspondente a um dia de trabalho, é apresentado na Tabela 9.

Tabela 9. Dados de um dia de trabalho em um garimpo de ametista.

Atividades	Minutos	%
Processamento	366	55,6
Espera	277	34,5
Transporte	20	3,1
Inspeção	45	6,8
Total	658	100

Observando-se as atividades do mapeamento de processo apresentado, verifica-se que de todo o tempo de espera (227 minutos = 34,5% do tempo total), o maior tempo foi a parada programada para refeição, correspondendo a 133 minutos.

Ao se analisar um processo de produção, com a ótica do mecanismo da função produção, e monitorar o seu recurso restritivo, busca-se, além de reduzir ou eliminar as perdas ou desperdícios, reduzir o tempo de processamento, de forma a se obter o produto final mais rapidamente.

Neste caso, promovendo-se uma escala de trabalho entre os garimpeiros durante a parada programada para refeição de forma a não interromper a atividade na frente de trabalho, estará se reduzindo, proporcionalmente, o tempo de atravessamento do processo, acessando-se os geodos de ametista existentes na rocha encaixante mais rapidamente.

Assim, ao considerar-se 20 dias de trabalho por mês e um tempo de espera médio de 120 minutos por dia para refeição, pode-se acelerar os trabalhos na frente de lavra em 240 minutos ou 4 horas por mês, equivalente a aproximadamente $\frac{1}{2}$ jornada de trabalho, reduzindo-se a perda por espera.

A atividade de processamento, a única que realmente agrega valor ao produto, compreendeu 55,6% do tempo total da jornada de trabalho, correspondente a 366 minutos.

No entanto, deve-se destacar que não existe nenhuma padronização de atividades nos garimpos existentes na região, significando que existe um potencial de melhorias a ser realizado em todas as atividades, incluindo-se as atividades de processamento, o que reduzirá as perdas no processamento.

Por exemplo, por não se conhecer as características técnicas do material utilizado para detonação, não é possível elaborar um plano de fogo de conformidade com os conceitos técnicos. Isto pode resultar em falha na detonação por falta deste material ou fragmentação excessiva da rocha encaixante ou dano nos geodos pelo excesso de material utilizado para a detonação, em ambos os casos caracterizando-se uma perda no processamento, em si.

Uma das atividades registradas é o retrabalho realizado devido à necessidade de colar o geodo, atividade que caracteriza uma perda por fabricar produtos defeituosos.

Por outro lado, conforme foi observado durante o período de monitoramento entre os dias 02 e 06/08/2004, entre as perdas por espera destaca-se a paralisação das atividades na galeria para a remoção do pó e dos gases resultantes da detonação, razão pela qual as ações tomadas durante a realização deste projeto foram prioritárias. Além da redução da produtividade, esta perda contribui significativamente para as más condições de trabalho observados no garimpo e que prejudicam diretamente a saúde dos garimpeiros.

Genericamente, entre as perdas observadas, podem-se relacionar as seguintes, as quais indicam um potencial de melhorias a ser realizado no processo de produção de ametistas:

- Institucionalização do conhecimento visando identificar os elementos indicativos da presença de mineralizações (geodos de ametista). Atualmente isto é feito de forma empírica, variando com o conhecimento e a experiência de cada garimpeiro. O mesmo ocorre na aproximação e remoção do geodo, que muitas vezes é danificado pela inexperiência do garimpeiro.
- A pólvora de fabricação caseira não mantém uma padronização, sendo difícil avaliar, tecnicamente, o resultado de sua utilização e, conseqüentemente, calcular razão de carga entre outros parâmetros.
- A manutenção dos equipamentos é executada de forma descentralizada, interrompendo a produção por diversas vezes e, conseqüentemente, aumentando o tempo de atravessamento do processo de produção.
- As ferramentas de uso comum não estão dispostas em um lugar específico e conhecido, o que demanda tempo para procurá-las na ocasião de seu emprego, gerando tempo de esperas desnecessários.
- Os equipamentos de furação não são alocados de forma eficiente, gerando tempo de espera em alguns horários pela falta dos mesmos e ociosidade em outros momentos. Isto significa que a distribuição das atividades nas diversas galerias existentes no garimpo devem ser estudadas.

- As detonações não são programadas, obrigando a parada de todas as demais atividades nas outras frentes de serviço, aumentando o tempo de espera das mesmas.
- As condições insalubres de trabalho, como a falta de ventilação adequada, desgastam os trabalhadores, forçando-os a diversas paradas por falta de condição de trabalho e reduzindo a qualidade de vida dos mesmos.

5.2 | Divisão de Trabalho

Tradicionalmente, cada galeria do garimpo é desenvolvida por um único garimpeiro que pode, eventualmente, contar com um ajudante para a execução de suas tarefas.

A estrutura organizacional nos garimpos de ametista leva em consideração as condições geológicas existentes na galeria em desenvolvimento, podendo-se ter duas situações distintas: a) galeria em “levante”, quando as probabilidade de ocorrência de geodos de ametistas são grandes, e b) galeria “descendente”, quando há pouca probabilidade de ocorrência de geodos de ametistas.

Quando ocorre a situação de maior probabilidade de ocorrência de geodos de ametista, a divisão do valor auferido pela venda dos geodos é feita aparentemente na maioria dos garimpos da seguinte forma:

- Proprietário do terreno: 10%.
- Proprietário do garimpo: 40%.
- Garimpeiro: 50%.

Nesta situação, há maior interesse por parte dos garimpeiros no desenvolvimento da galeria, uma vez que a extração de uma maior quantidade de geodos de ametistas (previsível) trará melhores resultados para os mesmos. Desta forma, nesta situação, o desenvolvimento da galeria é acelerado.

No caso da situação de menor probabilidade de ocorrência de geodos de ametistas, o garimpeiro recebe um valor fixo por semana para a remoção do material estéril oriundo do desenvolvimento da galeria. Neste caso, como não há expectativa de extração de geodos, o avanço da galeria é desacelerado, aumentando, desta forma, o tempo de vida útil da jazida. Nesta situação, frequentemente há o abandono da atividade por diversos dias, paralisando o desenvolvimento das frentes de trabalho, aumentando o tempo de atravessamento do processo de produção de ametistas.

Ao analisar-se o método de gestão utilizado nos garimpos da região de Ametista do Sul, levando-se em consideração os conceitos da Engenharia de Produção, ou seja, analisando-o sob a lógica do Mecanismo da Função Produção e dos tipos de perdas existentes no mesmo, pode-se propor a construção de um novo modelo de gestão para a exploração destes recursos minerais, apresentado na sequência.

6 | MODELO DE GESTÃO

Neste item, é proposto um Modelo Integrado de Gestão, unindo com sinergia dois ramos da Engenharia: a Engenharia de Minas e a Engenharia de Produção. A partir do mesmo, são nomeados os pontos potenciais de melhorias identificados durante a realização desse projeto, no mapeamento do processo de produção de ametista no garimpo piloto.

A implementação do Modelo Integrado de Gestão nos garimpos de ametista da região, unindo Engenharia de Minas e a Engenharia de Produção, pela utilização de princípios e ferramentas oriundos destes dois ramos da Engenharia, possibilitará a redução dos custos de produção – pela eliminação e ou redução de perdas existentes no processo de produção e ampla utilização dos recursos disponíveis – e o aumento da produtividade e da qualidade de vida dos trabalhadores, esta última com reflexos diretos na expectativa de vida dos garimpeiros.

6.1 | Modelo Integrado de Gestão

O resultado deste projeto, com foco nas atividades de Engenharia de Minas, é a proposição de um Modelo Integrado de Gestão.

Como se observa, propõe-se que seja desenvolvida uma Gestão Enxuta nos garimpos de ametistas da região, com vistas a atingir os objetivos preconizados neste projeto e comentados ao longo deste relatório.

A partir da observação do cenário atual do garimpo de ametista, inicia-se a construção do Modelo Integrado de Gestão pela análise da aplicabilidade dos conceitos, princípios e técnicas de Engenharia de Minas e Engenharia de Produção no mesmo.

Neste sentido, durante a execução deste projeto, verificou-se no garimpo piloto que, na ótica da Engenharia de Minas, a prioridade era melhorar a qualidade de vida dos garimpeiros, através da rápida eliminação dos gases da detonação, bem como a eliminação do pó proveniente da furação, através de um eficiente sistema de ventilação.

Os testes realizados com as ações de insuflar o ar para o interior do garimpo, por meio de ventilação forçada, bem como utilizar água durante a furação, mostraram que houve uma melhora significativa na qualidade do ar no interior da galeria.

A quantidade de poeira suspensa na galeria reduziu de 60,3 mg/m³ para 3,2 mg/m³, conforme registrado na Tabela 4, atendendo à principal prioridade dos garimpeiros: a melhoria da qualidade de vida.

Sob a ótica da Engenharia de Produção, analisando-se o processo de produção na lógica do Mecanismo da Função de Produção, a redução da poeira no ar implica, diretamente, na redução do tempo de espera para eliminação dos gases da detonação e do pó proveniente da furação, significando, conseqüentemente, a redução do tempo de atravessamento do processo de produção e a disponibilidade da frente de lavra para a realização das atividades subsequentes do processo de produção.

Em outras palavras, a sinergia de ações entre Engenharia de Minas e Engenharia de Produção possibilita o acesso aos geodos de ametista contidos na rocha encaixante em um tempo menor. Ao acessar os geodos de ametista em um tempo menor, os mesmos ficam disponíveis para serem comercializados, aumentando o ganho global do garimpo em um determinado período de tempo.

Após concluir a primeira etapa de implantação do Modelo Integrado de Gestão, correspondente à análise do cenário atual por meio da sinergia entre a Engenharia de Minas e Engenharia de Produção, inicia-se a segunda etapa no sentido de utilizar, de forma a mais ampla possível, os recursos disponíveis.

Ao se observar a Tabela 8, constata-se que apenas 45,47% do tempo de monitoramento da frente de lavra, no período de 02 a 06/08/2004, corresponde à atividade de processamento que, na lógica do Mecanismo da Função de Produção, é a única atividade que agrega valor no processo de produção. As demais atividades, transporte, inspeção e espera, geram custos e não agregam valor ao produto devendo ser reduzidas ou, tanto quanto possível, eliminadas.

O mapeamento do processo de produção, por meio do monitoramento da frente de lavra de acordo com esta lógica, permite identificar pontos passíveis de melhorias, buscando maior utilização dos recursos disponíveis pelo aumento do tempo de processamento em relação às demais atividades.

Observou-se, durante o período em questão, que a maior parte do tempo monitorado constitui-se em espera (50,87%), significando que a frente de lavra estava disponível, mas nenhuma atividade estava sendo realizada na mesma. Esta

observação indica que a implantação de uma Gestão Enxuta, voltada para a plena utilização dos recursos e redução significativa do tempo de espera, possibilitará o avanço mais acelerado das galerias do garimpo, resultando no acesso mais rápido aos geodos de ametista e, conseqüentemente, no aumento do ganho.

Para tanto, faz-se necessário monitorar o processo de produção através do cálculo da eficiência do seu recurso restritivo, com a implementação do IROG – Índice de Rendimento Operacional Global.

As duas primeiras etapas do Modelo Integrado de Gestão se relacionam diretamente com a utilização a mais ampla possível dos recursos disponíveis, sem que seja necessária a realização de investimentos significativos.

A partir da terceira etapa do modelo proposto, busca-se ampliar o espectro do garimpo de ametista, aumentando a mais valia dos produtos produzidos pelo mesmo.

Atualmente, os garimpeiros comercializam o geodo de ametista na forma bruta, ou seja, na forma como ele é extraído da rocha encaixante.

O “Programa em Rede do Arranjo Produtivo de Gemas e Joias do Estado do Rio Grande do Sul”, no qual este relatório compreende as atividades de Engenharia de Minas, insere-se integralmente nesta etapa.

Com efeito, entre as atividades preconizadas por este Programa, além daquelas diretamente relacionadas com a atividade de lavra mineral, cita-se a organização da rede produtiva, compreendida pela extração, lapidação e comercialização de ametistas.

Para tanto, faz-se necessário capacitar tecnologicamente os garimpeiros para que os mesmos desenvolvam as habilidades de lapidação e joalheria, possibilitando, desta forma, a agregação de valor na cadeia produtiva pela comercialização de novos produtos com mais valia.

A quinta etapa do modelo proposto busca a prestação de serviços por meio de novas perspectivas na ótica do cliente.

Nesta etapa o modelo pretende que, uma vez realizadas as etapas anteriores, sejam desenvolvidas ações no sentido de “atender ao cliente”, produzindo produtos de acordo com a visão do cliente. Isto implica em desenvolver produtos, lapidados ou de joalheria, que vão de encontro às especificações fornecidas pelo cliente.

Desta forma, com a extração e comercialização da ametista na forma bruta e a comercialização de produtos com mais valia (lapidação ou joalheria), segundo as especificações do cliente, ambas de acordo com a demanda, elimina-se a perda por superprodução.

A Gestão Enxuta, a ser implantada pelo Modelo Integrado de Gestão proposto neste relatório, implica na realização das cinco etapas discutidas neste item. Desta forma, a sinergia entre a Engenharia de Minas e a Engenharia de Produção será utilizada da forma a mais completa possível.

6.2 | Pontos Potenciais de Melhoria

Com base no Modelo Integrado de Gestão discutido no item anterior, é possível propor-se a realização de melhorias em diversos pontos do processo de produção de ametistas, entre os quais pode-se citar:

- Aumentar a expectativa de vida dos garimpeiros através da implementação de equipamentos e dispositivos que reduzam a formação do pó durante o processo de furação, transformando o atual sistema de furação a seco em um sistema de furação a úmido.
- Instalação de um sistema de ventilação para melhorar a qualidade do ar nas galerias do garimpo, por meio da substituição do ar viciado por ar novo oriundo da área a céu aberto.
- Implementar e exigir o uso de equipamentos de proteção individual – EPIs, como forma de preservar a saúde dos garimpeiros, conscientizando-os, simultaneamente, da importância de sua utilização.
- Modificar o método de detonação, adotando-se insumos que aumentem a segurança do trabalho e produtividade.
- Adotar a Gestão Enxuta, implementando conceitos de Engenharia de Produção, com vista à redução dos diversos tipos de perdas que ocorrem no processo de extração da ametista. Neste sentido, o entendimento do Mecanismo da Função de Produção, desenvolvida por Shingo durante a construção do STP, é fundamental: deve-se dar prioridade às ações de melhoria na função processo, devendo as melhorias na função operação se subordinarem às melhorias da função processo.

- Desenvolvimento de uma equipe de melhorias. Neste sentido, uma das alternativas é desenvolver uma equipe de melhorias que, uma vez capacitada, transferiria os conhecimentos necessários para que os garimpeiros trabalhassem de acordo com a nova lógica de gestão proposta.
- Monitorar o processo de produção através do cálculo da eficiência do seu recurso restritivo, com a implementação do IGEM – Índice Global de Eficiência de Mineração.
- Estudar e definir indicadores de desempenho para o monitoramento das atividades de extração de ametista, na direção de melhores resultados do garimpo.
- Após redução/eliminação de perdas no processo produtivo, realizar estudos para a padronização das diversas operações que compõem o processo de extração de ametista. Neste sentido, devem ser elaborados Procedimentos Operacionais – PO, os quais deverão ser acordados com os garimpeiros antes de sua implementação.
- Realizar treinamento dos garimpeiros nas questões relacionadas ao novo método de gestão, bem como as novas práticas operacionais, com o objetivo de aumentar a produtividade do sistema de produção.
- Realizar treinamento dos garimpeiros nas questões relacionadas com a agregação de valor na cadeia produtiva, por meio da capacitação tecnológica em lapidação e joalheria.

- Estudar e implementar uma nova divisão de trabalho e participação dos resultados, estabelecendo relações do tipo “ganho–ganha” entre proprietário da terra, dono do garimpo e garimpeiros. Neste sentido, deve-se priorizar o trabalho em equipe, em substituição ao trabalho individual.

Uma vez, implementadas estas melhorias, total ou parcialmente, o tempo de processamento da atividade de extração de ametista – que corresponde ao único tempo onde há agregação de valor – deverá aumentar de forma significativa, reduzindo, simultaneamente, os tempos de espera, transporte e inspeção – tempos nos quais há apenas aumento de custos, sem agregação de valor.

A criação de uma equipe de apoio às atividades de lavra deverá reduzir consideravelmente os tempos de espera que hoje ocorrem.

Sugere-se que esta equipe, entre outras atividades, realize as atividades de preparação dos cartuchos de pólvora e bucha; prepare os fios de cobre para serem utilizados na detonação, assim como prepare as ferramentas de corte e as talhadeiras e organize os equipamentos de uso comum. Sugere-se a realização de uma escala de utilização dos marteletes para assegurar que não houvessem paradas (tempos de espera) devido à falta dos mesmos.

Sugere-se que esta equipe seja responsável pelo carregamento dos furos, bem como, pela programação das detonações, acabando com as interrupções de uma frente de serviço sobre as demais.

Esta equipe pode ser formada pelos ajudantes que atualmente removem as pilhas de estéril do interior do garimpo, sendo que cada integrante desta pode apoiar, por exemplo, três operadores das frentes de lavra.

A principal mudança sugerida, em síntese, é a implementação de uma cadeia de comando, na qual os responsáveis aqui chamados de equipe de apoio disporiam dos recursos humanos e físicos de forma a maximizar as operações, transformando o atual sistema individualizado em uma equipe de trabalho.

7 | BENEFICIAMENTO

Aplicar tecnologia nacional inovadora para lapidação de pedras em formato cabochão, facetado e contemporânea, também denominadas específicas, visando obter maior competitividade e produtividade das pedras brasileiras no mercado nacional e mundial.

O desenvolvimento em rede de pesquisa das empresas regionais nas áreas de tecnologia da informação, automação e mecânica foi realizado sob a liderança da empresa Pedras Oriente, após 10 anos de desenvolvimento.

7.1 | Antecedentes

A empresa que conseguiu apoio do SEBRAE (Rio Grande do Sul) para projetos de inovação tecnológica foi a Pedras Oriente que atualmente é a empresa detentora do conjunto de equipamentos e máquinas, identificada pelo SEBRAE (Rio Grande do Sul) como empresa inovadora e atualizada no setor de beneficiamento de pedras opacas e translúcidas no Brasil.

O sistema de produção desta empresa visa obter maior competitividade com qualidade das pedras coradas brasileiras nos mercados nacional e mundial.

A Pedras Oriente é uma empresa jovem e inovadora, criada em 2009, mas que tem uma sólida formação com base na experiência dos sócios e de elementos-chave da equipe de trabalho, que tem mais de 13 anos de atuação no setor de beneficiamento de pedras e gemas, montada com uma estrutura de produção enxuta, e modernas e amplas instalações.

A Empresa Pedras Oriente está instalada em moderno parque industrial com 2.000 m² de área construída, em terreno de mais de 17.000m².

Esta equipe, oriunda de empresas da região, tem reconhecida capacidade técnica no mercado de beneficiamento de pedras, e já trabalhou em projetos de inovação para o setor, coordenados pelo SENAI-RS, no contexto do Arranjo Produtivo Local de Gemas e Joias do RS, a saber: furadeira dupla, serra automatizada e processos inovadores de tingimento de ágatas. A empresa surgiu de demandas para exportação de pedras beneficiadas para os mercados europeu e africano. Desta forma, as primeiras vendas das Pedras Oriente já foram para o exterior, trazendo divisas para o país e agregando valor aos minérios gema.

A unidade industrial conta com maquinário de ponta, instalações dentro das mais avançadas normas técnicas e de segurança, duas estações de tratamento de efluentes e opera dentro do princípio de produção limpa, minimizando a produção de resíduos e operando em ciclo fechado, com reaproveitamento integral das águas tratadas no processo produtivo. Seguindo o planejamento estratégico concebido na montagem da empresa, foi estudado o mercado brasileiro para pedras beneficiadas, tendo por base avaliações feitas pelo SEBRAE-RS, pelo APL Gemas e Joias do RS, pelo Centro Tecnológico de Gemas e Joias do RS e pelo IBGM – Instituto Brasileiro de Gemas e Metais.

Esses estudos apontaram para uma lacuna no mercado, uma barreira tecnológica que impede uma maior utilização de gemas em joias e folheados em larga escala, que é a falta de precisão dimensional das gemas lapidadas. A carência de

pedras denominadas “calibradas” no jargão da cadeia produtiva de Gemas e Joias faz com que muitos *designers* nem cogitem usar pedras nos produtos, pela excessiva mão de obra para montá-los, pois têm que adaptar a parte metálica, quase peça a peça. Isto acontecia até recentemente, pois desde 2010 a Pedras Oriente já fornece pedras calibradas em formato cabochão, a partir de tecnologia própria, inovadora e inédita, atendendo aos mercados regional, nacional e até iniciando exportação para o Mercosul. Este salto tecnológico deu-se por meio do desenvolvimento de um conjunto de máquinas inovadoras, cuja concepção é do corpo técnico da empresa. Este desenvolvimento contou com parceria de empresas de Bento Gonçalves, RS, responsáveis por implementar e fabricar as partes mecânica e de comando eletrônico das máquinas e foi objeto de financiamento pelo BNDES – PSI. Entre estas máquinas, está uma Lapidadora de Cabochões CNC (Comando Numérico Computadorizado), que trabalha automaticamente, formatando as pedras segundo comandos dados pela eletrônica de controle. A partir destes comandos, são gerados os movimentos de posicionamento preciso das pedras em relação às ferramentas diamantadas, lapidando as pedras em formato cabochão, com precisão dimensional até hoje não disponível no mercado brasileiro. Com esta tecnologia, está se vencendo a barreira da variação dimensional, que historicamente vinha limitando o uso de pedras naturais na montagem de joias, folheados e bijuterias. Tendo desenvolvido estas tecnologias e conhecendo o mercado regional, surgiu a ideia de evoluir com a concepção do maquinário de lapidação, partindo para um conceito de máquina capaz de executar a lapidação facetada de gemas, aliada à tecnologia de medição automática para verificação

dimensional das pedras produzidas. Este é o objeto do projeto, encaminhado e aprovado pelo SEBRAE-RS dentro do programa INOVA Pequena Empresa RS, 2010.

A Pedras Oriente foi uma das 14 empresas do RS que tiveram projeto aprovado pela FAPERGS em 2011, no âmbito do programa Doutor na Empresa, no qual uma doutoranda está desenvolvendo um projeto de Produção Mais Limpa, visando minimizar os resíduos e dar aproveitamento econômico aos resíduos inevitáveis de serem gerados. A meta é obter certificação ISO14000 para a empresa, algo inédito em empresas de beneficiamento de pedras, ao menos no Brasil.

A Pedras Oriente é uma pequena empresa, ainda em formação de sua estrutura de governança corporativa, mas parte de uma gestão colegiada, distribuída entre os sócios, possuidores de larga bagagem em campos variados do saber, e que busca sempre a excelência e a inovação como caminho para o futuro. A formação acadêmica e a experiência profissional da Direção alicerça a cultura da excelência, e permite aportar conhecimentos e saberes importantes na disseminação dos valores e princípios da empresa, a fim de obter os resultados almejados. A gestão leva em conta o profundo respeito aos colaboradores, aos clientes, à sociedade e ao meio ambiente, atuando de forma ética em todas as ações. Há um planejamento de longo prazo visando à obtenção das metas que foram a origem da junção de forças do grupo de sócios, catalisando os esforços com foco nestas metas.

Mesmo com o pouco tempo de existência da empresa, houve um enorme esforço empreendido no desenvolvimento de diversas tecnologias inovadoras, que já estão em pleno uso, no curto espaço de tempo de quatro anos. Informações obtidas do

setor de beneficiamento de gemas indicam que a Pedras Oriente se destaca como modelo organizacional e de eficiência, com infraestrutura para o desenvolvimento de projetos de máquinas, que vem sendo utilizada para aprimorar as máquinas já desenvolvidas e em operação na empresa. A empresa conta com a linha completa de máquinas para todas as fases do beneficiamento de pedras.

Sabe-se da demanda enorme do mercado por pedras facetadas, então se prevê a replicação da máquina facetadora, de acordo com a capacidade de investimento da empresa. A estimativa inicial é de, pelo menos, mais três máquinas semelhantes operando em paralelo, já que um só operador pode cuidar de até 4 a 5 máquinas simultaneamente. No universo da lapidação, o mercado demanda em torno de 90% da totalidade dos produtos lapidados, de lapidação facetada.

7.2 | Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I)

A empresa busca relacionar-se em rede com seus parceiros de negócios, objetivando otimizar recursos e resultados. Já houve sucesso em parcerias recentes na fabricação de máquinas inovadoras, para desenvolvimento conjunto de estruturas mecânicas das máquinas, e dos comandos eletroeletrônicos. Os principais projetos de pesquisa e desenvolvimento focados na evolução tecnológica da empresa são:

- Sistema de controle de avanço de serras-caixão.
- Serra multifatiadora semiautomática.
- Torno duplo para lapidação de cilindros com controle CLP.

- Máquina Lapidadora Múltipla de Cabochões com Controle CNC.
- Lapidadoras CNC de Cabochões e Facetados.
- Máquina Lapidadora CNC de Cabochões e Facetados.

7.3 | Justificativa Mercadológica para Lapidação Facetada

O faturamento estimado de todo setor de joias, folheados, gemas e metais preciosos no Brasil, em 2012, segundo dados do IBGM, foi de US\$ 7, 5 bilhões incluindo as exportações.

Os empregos diretos são estimados em 400 mil. As exportações brasileiras da cadeia produtiva de Gemas e Joias do Brasil, também em 2012, foi de US\$ 3,3 bilhões, sendo ouro em bruto e semi elaborado responsável por 82% desse total. As pedras preciosas em bruto e lapidadas alcançaram, respectivamente US\$ 48 milhões e US\$ 134 milhões. Por outro lado, artigos de joalheria, folheados e bijuterias atingiram US\$ 191 milhões.

Fato novo foi o crescimento das exportações de pedras lapidadas. Em todo ano de 2012, foi de US\$ 120 milhões e em 2013, no período somente de janeiro a maio, US\$ 64 milhões, ou seja um crescimento de 49%.

Segundo estudos do APL Gemas e Joias do RS, o setor joalheiro não usa pedras nos produtos por dois motivos principais: falta de padronização dimensional e incapacidade de fornecimento com preço e qualidade adequada. A demanda de gemas com lapidação tipo cabochão é estimada hoje acima

de 8.000.000 peças/ ano. O que se constatou, no entanto, é que esta quantidade não atende a demanda do mercado. Como não há oferta de facetadas calibradas diferenciadas com polimento dentro das exigências do mercado, a solução tem sido usar pedras importadas, principalmente da Tailândia, China e Índia. Muitas destas pedras são naturais do Brasil, exportadas em bruto, beneficiadas fora e retornam com valor superior. O estado da arte em lapidação cabochão, antes da tecnologia da Pedras Oriente, eram máquinas copiadoras que produzem em média 140 pedras/dia, com calibração parcial, de comprimento e largura, mas não de altura e nem de formato da curvatura. Cada máquina requer um operador qualificado para atingir esta produtividade, após meses de treinamento. Com as máquinas desenvolvidas pela Pedras Oriente, obtém-se em média 550 pedras/dia na cabocheira múltipla e 180 pedras/dia nas individuais, porém um mesmo operador pode atender 4 máquinas simultaneamente, ou seja, um só operador pode produzir em média 720 pedras/dia, um aumento de 500% na produtividade por operador.

Já em lapidação facetada de uso comercial, o processo usado hoje em dia é manual, com produtividade de 10 a 15 peças/ dia com três operadores, porém não calibradas e notórias deficiências no polimento, exigindo mão de obra altamente especializada com períodos longos de treinamento. Nas máquinas inovadoras automatizadas, a mão de obra é treinada em um mês e opera quatro máquinas simultaneamente. Temos uma economia de mão de obra de 12 operadores com a tecnologia tradicional versus somente 1 para a automatizada o que é um novo paradigma para o setor no Brasil.

Lapidações de peças de alto valor, para competição, de altíssimo nível de complexidade e qualidade, são executadas em vários dias por peça. Há rumores no mercado sobre uma máquina automática em Israel, mantida em segredo, para lapidar diamantes.

7.3.1 | Justificativa mercadologica detalhada

O Brasil extrai e vende pedras brutas, por falta de competitividade do país no beneficiamento, principalmente para pedras de baixo preço.

O Brasil possui grandes reservas mundiais de pedras coradas de alto valor, gemas únicas (turmalinas Paraíba, alexandrita) e tem grandes limitações econômicas e tecnológicas na exploração e beneficiamento destes recursos. Por esse motivo não atende aos mercados interno e externo.

Uma mesma pedra, quando aproveitada na indústria joalheira com um *design* diferenciado, pode alcançar valores algumas vezes maiores que em estado bruto.

A diferença entre os impostos aplicados no mercado joalheiro internacional e os nacionais, da ordem de 37%, coloca o mercado interno em desvantagem ao externo. Sabemos que China, Índia e Tailândia só admitem a importação da pedra em estado bruto, como medida de incentivo à agregação de valor e emprego nos respectivos países.

Por outro lado, se fizermos a exportação das pedras beneficiadas, estes países cobram um imposto de 30%, o que torna o produto com valor agregado nacional fora de competição.

Conhecer as tendências em *design* permite lapidar a gema de acordo com o desejo dos consumidores nacionais e internacionais. Cada padrão de lapidação caracteriza-se por ser composto de uma combinação de facetas, que variam em formas, dimensões e ângulos conforme o arranjo cristalográfico da gema. Há uma busca incessante de novos *designs* e formas de lapidação diferenciada e a côncava. Segundo estudos do SEBRAE-RS, o setor de joias folheadas deixa de utilizar pedras nos produtos pela falta de padronização dimensional e incapacidade das empresas em atender com preço e qualidade adequada. Grandes clientes também deixam de usar pedras por não haver empresas capazes de fornecer quantidades significativas e em prazos compatíveis. Isto leva a dois caminhos: importação de pedras lapidadas, muitas delas de origem brasileira, beneficiadas no exterior ou então um uso significativo de materiais sintéticos, também importados, de baixo valor, que não geram empregos e desqualificam os folheados e as bijuterias. O setor de gemas e folheados conta com mais de 130 empresas formais no polo de Guaporé, RS, além do polo de Limeira, SP, onde atuam mais de 400 empresas formais, além de outras cidades do país. Micro e pequenas e médias empresas representam 95% do total do setor joalheiro. A preocupação estética faz parte do cotidiano destes consumidores, fato ao qual o setor de gemas, folheados e bijuterias está atento e atuando para conquistar seu espaço e continuar crescendo.

A análise forças e fraquezas (FOFA) do projeto de implantar lapidação facetada automaticamente revela:

Forças

- Projeto inovador, concepção inédita.
- Empresa com experiência em beneficiamento de gemas.
- Empresa reconhecida pela qualidade dos seus produtos.
- Equipe executora altamente capacitada.
- Projeto com potencial multiplicador, pois há demanda de produtos com *design* diferenciado, que podem ser gerados nesta máquina e em outras iguais a serem produzidas posteriormente.
- Desenvolvimento de tecnologia totalmente nacional.
- Alteração da intensidade de cores nas gemas da família do quartzo por meio da radiação de feixes de eletrons.

Fraquezas

- Falta de capital de giro para investir em inovação.
- Estrutura de marketing deficiente.
- Altos impostos.

Oportunidades

- Mercado para gemas em expansão.
- Forte procura por gemas calibradas por parte de fabricantes de folheados.
- Competidores não detém tecnologia para garantir precisão dimensional.
- Possibilidade de atingir novos mercados devido à maior precisão com *design* exclusivo nas gemas e lapidação diferenciada de acordo com o projeto solicitado pelo cliente: mercado de decoração, ornamentação etc.

Tecnologia desenvolvida no projeto pode e deve ser replicada para outras máquinas do setor, multiplicando geração de renda.

Ameaças

- Taxa de câmbio desfavorável para exportação.
- Concorrência chinesa: apesar de não deter tecnologia similar, perturba mercados de itens de menor preço.

7.4 | Referencial da Inovação: Proposta de Lapidação Facetada Automatizada

A inovação aqui descrita é seguramente uma inovação em nível nacional, e segundo pesquisas em bancos de patentes internacionais, também uma inovação em nível mundial. Conforme citado acima, há rumores sobre a existência de uma máquina lapidadora automática de facetados em Israel, porém de uso restrito para lapidar diamantes, e não divulgada a estrangeiros. Havia também uma lapidadora automática de facetados produzida na Coreia do Sul, porém ela apresenta problemas no polimento das facetadas, segundo informações do Professor Dr. Adriano Mol, da UFMG, que a viu em demonstração na Bélgica em 2007. Hoje esta máquina não está mais no mercado e ignora-se o motivo. No Brasil, houve uma tentativa em 2006 com um projeto FINEP, por encomenda do Fundo Setorial Mineral, no qual foi desenvolvido um protótipo que conseguiu atingir 85% do esperado, tendo conseguido formar as facetadas, em modelos simples, com precisão dimensional, porém não conseguiu polir adequadamente as facetadas e teve problemas mecânicos de folgas que necessitavam constantes reajustes, gerando

imprecisão na lapidação de pedras com maior número de facetas. Ou seja, a problemática de facetamento automatizado ainda não havia encontrado uma solução no Brasil. Na busca por patentes realizadas na Base de Patentes Esp@ceNet, European Patent Office, não foram encontradas patentes similares ao projeto proposto. Nesta pesquisa, aparecem alguns métodos ou aparatos de lapidação por processo convencional, ou um só para cabochões (B24B9/16D), que não é semelhante a este projeto. Na base de patentes do INPI o pedido PI8207530-1 apresenta uma máquina de lapidação manual por catraca, muito diferente da proposta. O pedido PI0500404-7 é de uma máquina de lapidação com 2 discos, sem controle por computador e sem medição a *laser*. Os pedidos MU8103231-5 U2 e PI0117216-6 referem-se também a lapidação manual. Assim, confirma-se a não existência de patentes registradas ou requeridas no Brasil, na Europa ou nos EUA, que têm seus registros vinculados no European Patent Office. Com a tecnologia inovadora desenvolvida pela Pedras Oriente, além da lapidação facetada automática, também é possível fazer lapidação côncava, uma novidade no setor. Esta tecnologia, pelas informações até hoje disponíveis, não tem similar conhecida, registrada ou divulgada, caracterizando uma inovação em nível nacional.

7.5 | Resultados Esperados

Com a execução deste projeto de investimento em inovação tecnológica haverá incremento da capacidade produtiva com redução de custos, visando maior competitividade e também serão criadas condições para o desenvolvimento de novos produtos e entrada em novos mercados não atendidos hoje

pelo setor de pedras, mas que já demonstram interesse nestes produtos. Isto será possível via a automação de processos, usando tecnologia desenvolvida no âmbito do projeto.

Se forem agregados metais e *design*, produzindo joias com as pedras facetadas e diferenciada, este potencial pode ser somado aos atuais US\$ 7,5 bilhões/ano. Como quase sempre ocorre, quando uma empresa de determinado setor econômico salta à frente dos seus pares, via inovação, há uma reação da concorrência tentando acompanhar e mesmo suplantar o feito. Este efeito multiplicador cria um círculo virtuoso de crescimento, com inúmeros exemplos no Brasil e no exterior.

7.6 | Impactos Previstos

Com o desenvolvimento desta tecnologia, esperam-se impactos científico/tecnológicos, econômicos, sociais e ambientais, embora os dois últimos em menor escala.

7.6.1 | Impactos científico/tecnológicos

Geração de uma nova tecnologia de lapidação automatizada, totalmente nacional, materializada em uma máquina capaz de executar lapidação facetada com cortes diferenciados e ainda com produtos padronizados de alta qualidade a preços competitivos. Apesar de a tecnologia ser inédita, a empresa acredita que a geração de patente acaba divulgando detalhes cruciais da tecnologia, que podem ser utilizados por outros países para copiar ou acelerar o desenvolvimento de máquinas similares, então opta por segredo industrial. Haverá formação de recursos humanos para operação de máquinas de alta

tecnologia no âmbito da empresa e também capacitação da equipe do projeto em tecnologia CNC baseada em PC. Esta é uma tendência que tem se observado em automação industrial, com a convergência da TI (Tecnologia da Informação), com técnicas e processos de automação. Com esta inovadora tecnologia de lapidação, o Brasil irá despontar no cenário internacional como um país capaz de gerar novos paradigmas para o setor de pedras, gemas e joias.

7.6.2 | Impactos Sociais

O setor de folheados emprega hoje 240 mil pessoas, sendo 60 mil na indústria e 160 mil no varejo, segundo dados de 2009 do IBGM. Com este projeto, pretende-se ampliar os empregos na indústria, pela perspectiva de poder exportar mais e disponibilizar um produto dentro das exigências mercadológicas com expressivo aumento da competitividade de um dos elos da cadeia produtiva da indústria joalheira. Além deste significativo aumento potencial, é certo o aumento da renda dos operadores das novas máquinas que passam para um novo patamar, de operador de máquina CNC, qualificando-se técnica e economicamente. A saúde dos funcionários também melhora pela menor exposição a agentes nocivos usados na lapidação, como óleos de corte, pela maior automação, o que evita o contato físico prolongado.

O sistema de produção desenvolvido pela Empresa Pedras Oriente é descrito a seguir.

7.7 | Fluxograma do Processo de Beneficiamento das Gemas Coradas, pela Empresa Pedras Oriente

O processo de beneficiamento de gemas é composto por várias etapas como: corte, lixamento, polimento, acabamento, entre outros, conforme pode ser observado na figura abaixo. Para a maioria das etapas a Pedras Oriente desenvolveu tecnologia própria, usando automação, para ter aumento de produtividade e eficiência, tornando-se *benchmark* no setor de beneficiamento de gemas. Na Figura 7 são identificadas por números os processos onde foi implementada inovação, descrita e ilustrada a seguir:

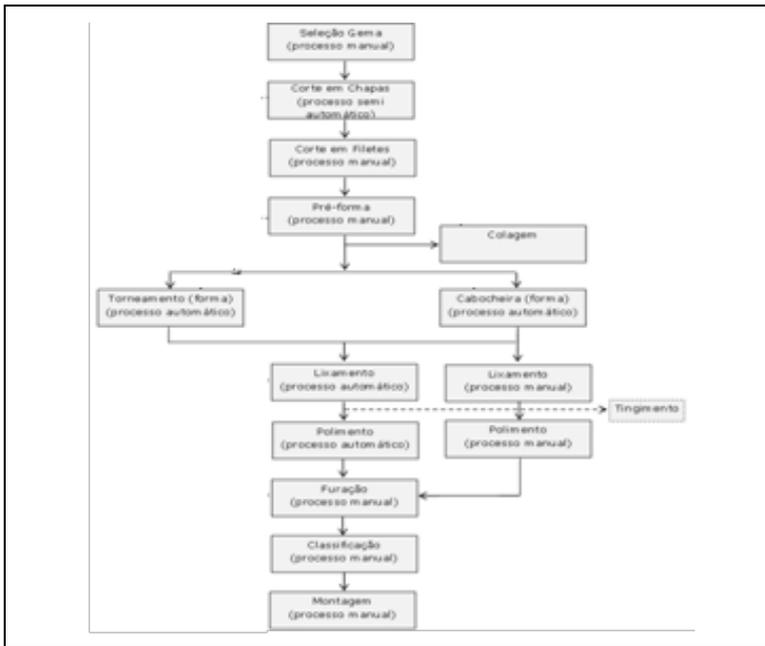


Figura 7 Fluxograma do processo de beneficiamento das gemas coradas, pela empresa Pedras Oriente.

O processo inicia-se com a escolha das gemas que serão beneficiadas, de acordo com o produto final que se deseja obter. Este processo de classificação das pedras é realizado no depósito de pedras da empresa, no qual se encontram diversos tipos de pedras preciosas, como: ágatas, quartzos, ametistas, citrinos, jaspes, howlitas, dolomitas, sodalitas, olho de tigre, entre outras.

Em seguida, é realizado o corte da gema em forma de chapas, em dois tipos de máquinas, conforme a pedra e o uso desejado. Tradicionalmente, as empresas do setor usam máquinas denominadas de “serra caixaão”, por serem fechadas, nas quais são fixadas as pedras em morsas, a espessura desejada é ajustada de acordo com a aplicação, via um guia de ajuste. As máquinas cortam as pedras em velocidade fixa. As serras-caixaão são um dos gargalos de produção nas empresas de pedras, pois o processo é lento por natureza, aliado à variabilidade do grau de dureza das pedras e ao desgaste irregular das lâminas de corte, o que dificulta muito o controle do avanço das pedras em direção às serras, ou seja, a velocidade de corte. Para otimizar o desempenho das serras-caixaão, a Pedras Oriente projetou e desenvolveu um sistema eletrônico de controle de avanço do corte, etapa 1 do fluxograma da Figura 7. Este sistema microprocessado otimiza a velocidade do corte em função da dureza da pedra e da capacidade de corte das lâminas, gerando uma produtividade entre 15 a 30% maior que as serras convencionais, dependendo da pedra. Este projeto foi feito integralmente pela empresa, e a implementação foi em conjunto com empresas parceiras.

Outra inovação no corte das pedras em chapas é a Serra multifatiadora semiautomática, que é um equipamento para serrar pedras coradas e gemas em fatias e/ou em filetes, de forma semiautomática com avanço eletrônico, da etapa 2 do fluxograma da Figura 7. Possui um sistema eletrônico de controle concebido pela Empresa Pedras Oriente e implementado por empresas parceiras, o qual otimiza a velocidade do corte em função da dureza da pedra e/ou da capacidade de corte das lâminas. Faz corte por serras diamantadas de 250 ou 300 mm de diâmetro, utilizando até 15 lâminas de serra simultaneamente. É uma máquina flexível que permite cortar múltiplas espessuras de chapa com a simples substituição dos espaçadores do eixo e das placas da morsa de fixação das pedras.

O operador precisa somente colocar as pedras na morsa, prendê-las e acionar o quadro de comando que, via seu sistema de controle eletrônico, faz o corte de até 15 chapas automaticamente e se posiciona para nova carga de pedras. Um operador controla até três serras multifatiadoras simultaneamente, permitindo ganhos significativos em produtividade por operador. Além disto, ao serrar até 15 chapas simultaneamente, cada serra multifatiadora quintuplica produção de chapas da empresa. (Figura 8).



Figura 8. Serra multifatiadora automática.

Nessas etapas, as chapas são cortadas em filetes e após picadas no tamanho da “pré-forma” desejada, são encaminhadas para máquinas que darão a forma final dos produtos. Dependendo do item, a etapa seguinte envolve tornos pneumáticos manuais ou tornos automáticos ou então máquinas de lapidação automáticas, seja lapidação caboção, ou então a nova tecnologia de lapidação facetada, na qual é realizada a lapidação das peças de acordo com o tamanho e o formato desejado.

As peças cilíndricas são lapidadas nos tornos, seja nos automáticos ou nos manuais. As peças de grande volume de produção, voltadas principalmente para o mercado de exportação, são formadas no torno duplo para lapidação de cilindros com controle CLP, que é um torno duplo automático para lapidação de pedras em formato cilíndrico, com sistema

de alimentação automática por meio de alimentador vibratório. A lapidação é realizada por rebolos diamantados oscilantes. A capacidade produtiva depende do tipo de pedra e tamanho, variando entre 2.000 e 7.500 cilindros/dia, usando apenas um operador, enquanto nos tornos manuais se obtém, nas mesmas peças, de 800 a 3.000 cilindros/dia por torno e por operador.

O torno duplo constante na etapa 3 do fluxograma da Figura 7 consiste de um painel de controle com CLPs (Controladores Lógicos Programáveis) comandando dois tornos de acionamento eletropneumático, um de cada lado do painel, o que otimiza o sistema, permitindo a operação de ambos os tornos com apenas um operador (Figura 9). O quadro de comando e o *software* de programação do CLP foram idealizados pela Pedras Oriente, que fez também a concepção geral da máquina. Empresas parceiras implementaram a parte mecânica e a eletroeletrônica de comando.



Figura 9. Torno duplo automático com controle CLP.

As peças para uso em joias e folheados são transportadas para as máquinas automáticas de lapidação, etapas 4, 5 e 6 do fluxograma da Figura 7, dependendo do tipo de lapidação desejada. As pedras lapidadas em formato cabochão foram processadas pela Máquina Lapidadora Múltipla de Cabochões com Controle Numérico Computadorizado - CNC ou as Lapidadoras CNC de Cabochões e Facetados. A Máquina Lapidadora Múltipla de Cabochões com Controle CNC faz a lapidação de pedras coradas, geralmente opacas, em formato de cabochões usando um sistema de controle CNC de quatro eixos. Esta Máquina também teve estudo e concepção tecnológica da empresa Pedras Oriente com implementação por empresas terceirizadas, em estreita cooperação e sob coordenação e acompanhamento técnico desta empresa. As terceirizadas fizeram a parte mecânica e o quadro de comando eletroeletrônico, segundo especificações técnicas da empresa Pedras Oriente (Figura 10).



Figura 10. Máquina Lapidadora Múltipla de Cabochões com Controle CNC.

O controlador CNC é baseado em computador tipo PC, utiliza mecanismos de posicionamento de média precisão e um *software* CAM (Manufatura Assistida por Computador), específico para lapidação de cabochões, totalmente desenvolvido pela empresa. A máquina formata as pedras segundo comandos dados por este *software*. As pré-formas das pedras são colocadas em pinças com engate rápido. A máquina lapida quatro peças simultaneamente em ciclos de 2 a 4 minutos, dependendo do modelo, tipo e tamanho da pedra, resultando em uma produção de 50 a 120 peças/hora. As lapidadoras manuais existentes no mercado, que trabalham como copiadoras, dependem muito do operador, necessitam de um modelo em metal da pedra para servir como modelo e produzem em média 22 pedras/hora, variando entre 15 e 30 peças/hora. As máquinas automáticas da Empresa Pedras Oriente têm seus modelos todos desenvolvidas em *software* de CAD/CAM próprio e inovador. A Máquina Lapidadora Múltipla de Cabochões com Controle CNC também teve estudo e concepção tecnológica da Empresa Pedras Oriente com implementação por empresas terceirizadas, em estreita cooperação e sob coordenação e acompanhamento técnico desta empresa.

Com base na experiência da Lapidadora Múltipla, foram desenvolvidas três Lapidadoras CNC de Cabochões e Facetados, etapa 5 do fluxograma da Figura 7, que são máquinas que fazem a lapidação de pedras, em formato de cabochões e também a lapidação facetada simples, usando um sistema de controle CNC de 4 eixos (Figura 11).



Figura 11. Lapidadora CNC de Cabochões e Facetados.

O controlador CNC é baseado em computador tipo PC, utiliza mecanismos de posicionamento de maior precisão que a Lapidadora Múltipla e um *software* CAM específico para lapidação de cabochões e facetados simples, totalmente desenvolvido pela empresa. A máquina formata as pedras segundo comandos dados por este *software*. A diferença entre a Lapidadora Múltipla de Cabochões e estas Lapidadoras CNC de Cabochões e Facetados é que estas têm maior precisão dimensional, devido ao uso de servo-motores, permitindo realizar o facetamento simples, além da lapidação cabochão. Para obter tal precisão é necessário lapidar as pedras uma a uma, diferenciando-se da Lapidadora Múltipla, na qual a experiência operacional demonstrou que o alinhamento dos quatro rebolos e o próprio desgaste diferenciado de cada um, dificulta a obtenção de peças exatamente na mesma medida.

As pré-formas das pedras são colocadas em pinças com engate rápido. A máquina lapida as peças em ciclos de 2 a 4 minutos, dependendo do modelo, tipo e tamanho da pedra, resultando em uma produção de 140 a 300 peças/dia por máquina. Outra vantagem destas máquinas automáticas é que um só operador pode atender a até quatro máquinas simultaneamente. Hoje, na Empresa Pedras Oriente, um operador atende às três máquinas e ainda faz a descolagem das pedras. Esta tecnologia também é toda de concepção da empresa e implementação pela mesma, com apoio de empresas terceirizadas para execução da fabricação e montagem das partes mecânicas e parte da eletrônica, sob coordenação e acompanhamento técnico da Empresa Pedras Oriente.

8 | CONCLUSÃO

Como pode ser observado no trabalho do APL de Gemas e Joias do Rio Grande do Sul, foram destaques no texto de “Ações Estruturantes”, as etapas de pesquisa geológica, lavra e beneficiamento de gemas, particularizando a importância de cada uma destas na cadeia produtiva para o desenvolvimento e implantação de APLs de base mineral.

A pesquisa geológica desenvolvida no âmbito do APL do Estado do Rio Grande do Sul foi em caráter inovador para pesquisa de geologia de exploração com estimativa de reservas e vida útil do Distrito Mineiro de Ametista do Sul, elaborado pela equipe técnica com a coordenação do geólogo/gemólogo Professor Walid E. Daoud. Nela estabeleceu-se uma metodologia de pesar, classificar e registrar o valor dos geodos comercializáveis em RS/m³ e produzidos por frente de lavra, bem como elaborar bancos de dados com medição de 94 garimpos e consolidar as áreas de avanço nas galerias por frente de lavra, seguidos de mapas geológicos das jazidas.

No método de lavra destaca-se a mudança nas frentes de trabalho dos garimpos nas galerias de ametistas, onde se introduziu a utilização conjunta de perfuração à úmido e ventilação forçada. Dessa forma, foi proporcionado nas galerias o ar mais limpo nas frentes de lavra, diminuindo as poeiras e gases tóxicos após a detonação, bem como o ganho na redução do tempo de espera da saída do pó e gases das galerias.

No que tange o beneficiamento o referencial da inovação foi o desenvolvimento da máquina de lapidação facetada e diferenciada automatizada. Com essa inovadora tecnologia de

lapidação, o Brasil irá despontar no cenário internacional, como o país capaz de gerar produtos padronizados para o setor de pedras preciosas.

É importante que esta implantação seja sob a visão estratégica da boa governança e gestão no desenvolvimento do processo de inclusão de políticas públicas nas micro e pequenas empresas (MPEs).

Os resultados do Programa em Rede do APL de Gemas e Joias do Rio Grande do Sul só foram alcançados pela qualidade e especializações da sua equipe técnica formada por: geólogos, engenheiros de minas, gemólogo, economista facilitador de processo (dinâmica de grupo) e *designer*. Foi com esta equipe que iniciou-se o processo de desenvolvimento da máquina de lapidação facetada automatizada.

Este Programa em Rede iniciou-se com orçamento de R\$ 1.000.000,00 em 2003, do MCT/FINEP, e em consequência dos seus resultados parciais, alcançou orçamento de R\$ 12.000.000,00, em 2008.

Percebe-se claramente que o Programa em Rede, iniciado pelos órgãos citados, veio agregar paulatinamente no seu decorrer, conforme os resultados positivos e concretos tornaram-se evidentes, a participação dos ministérios de Minas e Energia, Integração Nacional e Turismo, além das secretarias do estado do Rio Grande do Sul, como, Secretaria de Minas e Energia e Secretaria de Desenvolvimento de Assuntos Internacionais (SEDAI), que compuserem o orçamento final alcançado.

Este Programa em Rede teve a duração de 6 anos, com vários outros resultados alcançados como criação de fábricas-escolas em outros municípios do Estado do Rio Grande do Sul, que não foram descritos neste Estudo de Caso.

Conforme os parâmetros internacionais de projetos de APL efetuados na Índia, Tailândia e outros países, a duração média de execução dos projetos tem sido realizada no prazo de 8 a 10 anos.

Torna-se, portanto, desejável que tanto este como outros projetos de APLs de Base Mineral tenham o seu cronograma e orçamento compatível como os consagrados na literatura internacional.

9 | AGRADECIMENTOS

Agradeço aos Pesquisadores Rosana Elisa Coppedê da Silva, Antônio Rodrigues de Campos e Roberto Salvador Dias Miceli pela significativa colaboração na revisão técnica do trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANTUNES, J. A. V. A lógica das Perdas nos Sistemas de Produção: Uma Análise Crítica. In: ENCONTRO NACIONAL DE PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO – ENANPAD, 19, 1995, João Pessoa. Anais. João Pessoa, 1995, p 357-371.
- ANTUNES, J. A. V. Em direção a uma Teoria Geral do Processo na Administração da Produção: Uma discussão sobre a Possibilidade de Unificação da Teoria das Restrições e da Teoria que Sustenta a Construção dos Sistemas de Produção com Estoque Zero. Tese de Doutorado em Administração, Porto Alegre: Programa de Pós-graduação em Administração/Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1998.
- CAMPOS V. F. TQC: Controle da Qualidade Total (no estilo japonês). Belo Horizonte: Fundação Cristiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, 1992.
- CORREA, T. E. Prospecção de Depósitos de Ametista na Região do Médio Uruguai, ANAIS DO CICLO DE PALESTRAS SOBRE PEDRAS PRECIOSAS – II SALAO DE PEDRAS PRECIOSAS DO RS – Secretaria de Energia Minas e Comunicações – SEMC Ed. Corag – Porto Alegre – RS – 1994 – 69 p.
- GHINATTO, P. Sistema Toyota de Produção: mais do que simplesmente just in time. Caxias do Sul: EDUCS, 1996.
- Hartmann, L. *et al*, 2012. Geologia de Geodos de Ametista e Ágata: Estrutura dos distritos mineiros em blocos de falha e significado de gossans. Instituto de Geociências, UFRGS – RS.
- KLIPPEL, A. F.; RODRIGUES, L. H. O Sistema Toyota de Produção e a Indústria de Mineração: Uma experiência de Gestão da Produtividade e da Qualidade nas Minas de Fluorita do Estado de Santa Catarina. Dissertação de Mestrado, Porto Alegre: Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção. EFRGS-RS, 1999a.

KLIPPEL, A. F.; PETTER, C. O. Implementação da Gestão Enxuta em Empresas de Mineração a partir de um Modelo de Gestão Integrada: uma Perspectiva de Sinergia entre a Engenharia de Minas e a Engenharia de Produção. Dissertação de Doutorado, Porto Alegre: Programa de Pós-graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais (PPGEM). UFRGS-RS, 2007a.

KLIPPEL, A. F. Rumo à Modernidade: Aplicando o Mecanismo do Pensamento Científico na Mineração de Fluorita em Santa Catarina. Porto Alegre: Revista Produto & Produção, volume 3, número 1, p. 26-37, 1999b.

MACKE, J. Desenvolvimento de um modelo de intervenção baseado no Sistema Toyota de Produção e na Teoria das Restrições: A Utilização da Pesquisa-Ação em um Indústria de Cerâmica Vermelha de Pequeno Porte da Região Metropolitana de Porto Alegre. Dissertação de Mestrado, Porto Alegre: Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção/Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1999.

MUNARETTI, E., KLIPPEL, A. F. Relatório de atividades de engenharia de minas desenvolvimentos de ametista do Sul. UFRGS, RS, março, 2006.

OHNO, T. O Sistema Toyota de Produção: Além da produção em Larga Escala. Porto Alegre: Bookman, 1997.

PINTO, P. C. Relatório Preliminar das Atividades de Engenharia: Diagnóstico dos Garimpos da Região de Ametista do Sul. Programa Gemas e Jóias – Programa de Capacitação de Pequenos Produtores Mineraiis, Dezembro 2005.

SHINGO S. O Sistema Toyota de Produção: Do Ponto de Vista da Engenharia de Produção. Porto Alegre: Bookman, 1996a.

SHINGO S. Sistemas de Produção com Estoque Zero: O Sistema Shingo para Melhorias Contínuas. Porto Alegre: Bookman, 1996b. Regulamento para a Fiscalização de Produtos Controlados, (anexo) R-105, Decreto n.º 3.665, de 20 de Novembro de 2000, Diário Oficial da União, 128p, 2000.

THIOLLENT, M. Metodologia da Pesquisa-Ação. 11ª edição. São Paulo: Cortez, 2002.

THIOLLENT, M. Pesquisa-Ação nas organizações. São Paulo: Atlas, 1997.

SÉRIES CETEM

As Séries Monográficas do CETEM são o principal material de divulgação da produção científica realizada no Centro. Até o final do ano de 2010, já foram publicados, eletronicamente e/ou impressos em papel, mais de 200 títulos, distribuídos entre as seis séries atualmente em circulação: Rochas e Minerais Industriais (SRMI), Tecnologia Mineral (STM), Tecnologia Ambiental (STA), Estudos e Documentos (SED), Gestão e Planejamento Ambiental (SGPA) e Inovação e Qualidade (SIQ). A Série Iniciação Científica consiste numa publicação eletrônica anual.

A lista das publicações poderá ser consultada em nossa homepage. As obras estão disponíveis em texto completo para download. Visite-nos em <http://www.cetem.gov.br/series>.

Últimos números da Série Tecnologia Mineral

STM- 91 - Terras Raras: Aplicações atuais e reciclagem.

Flávia Alves Ferreira e Marisa Naximento, 2013.

STM-90 - Moinho Vertical de Carga Agitada: Uma Revisão.

Douglas Batista Mazzinghy, Claudio Luiz Schneider e Roberto Galéry, 2013.

STM-89 - Reagentes Depressores de Carbonatos: Uma Revisão.

Aline Pereira Leite Nunes e Antônio Eduardo Clark Peres, 2011.

INFORMAÇÕES GERAIS

CETEM – Centro de Tecnologia Mineral
Avenida Pedro Calmon, 900 – Cidade Universitária
21941-908 – Rio de Janeiro – RJ

Geral: (21) 3865-7222

Biblioteca: (21) 3865-7218 ou 3865-7233

Telefax: (21) 2260-2837

E-mail: biblioteca@cetem.gov.br

Homepage: <http://www.cetem.gov.br>

NOVAS PUBLICAÇÕES

Se você se interessar por um número maior de exemplares ou outro título de uma das nossas publicações, entre em contato com a nossa biblioteca no endereço acima.

Solicita-se permuta.

We ask for interchange.



Missão Institucional

A missão do Centro de Tecnologia Mineral - CETEM é desenvolver tecnologia para o uso sustentável dos recursos minerais brasileiros.

O CETEM

O Centro de Tecnologia Mineral - CETEM é um instituto de pesquisas, vinculado ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação - MCTI, dedicado ao desenvolvimento, à adaptação e à difusão de tecnologias nas áreas minerometalúrgica, de materiais e de meio ambiente.

Criado em 1978, o Centro está localizado no campus da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, na Cidade Universitária, no Rio de Janeiro e ocupa 20.000m² de área construída, que inclui 22 laboratórios, 3 usinas-piloto, biblioteca especializada e outras facilidades.

Durante seus 35 anos de atividade, o CETEM desenvolveu mais de 720 projetos tecnológicos e prestou centenas de serviços para empresas atuantes nos setores minerometalúrgico, químico e de materiais.