

DO GARIMPO À MINA PARTE II: DESENVOLVIMENTO DE SISTEMA DE VENTILAÇÃO

ADELIR J. STRIEDER¹, RODRIGO P. CÓRDOVA², ENRIQUE MUNARETTI³, ALTAIR F. KLIPPEL⁴, ERNANI S. COTICA⁵

¹Geólogo, Dr., Prof. Titular, Engenharia Geológica - UFPel, Pelotas - RS, adelirstrieder@outlook.com;

²Eng. de Minas, Consultor, Porto Alegre - RS, rodrigocordova@me.com;

³Eng. de Minas, Dr., Prof. Assoc., DEMIN - UFRGS, Porto Alegre - RS, enrique@ufrgs.br;

⁴Eng. de Minas, Dr., Consultor, Porto Alegre - RS, altair@produttore.com.br;

⁵Eng. de Minas, Consultor, Porto Alegre - RS, ernani.cotica@gmail.com;

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC
04 a 06 de outubro de 2022

RESUMO: Este trabalho apresenta os resultados de um projeto de extensão mineral aplicado em garimpos de ametista no Distrito Mineiro de Ametista do Sul no RS, que teve o objetivo de desenvolver e implantar um sistema de ventilação de mina de baixo custo e de fácil aceitação pelos garimpeiros. A discussão e execução conjunta das atividades na busca de soluções garantiu o sucesso do projeto de introdução do sistema de ventilação, na medida em que os próprios garimpeiros foram alçados a descobrir as melhores soluções.

PALAVRAS-CHAVE: garimpo, extração de geodos de ametista, ventilação de galerias.

FROM AN ARTISANAL MINE TO A REAL MINE PART II: DEVELOPMENT OF A MINE VENTILATION SYSTEM

ABSTRACT: This paper presents the results of a mineral education project carried on Ametista do Sul Mining District (RS), a world class amethyst mineral deposit. The project aim was to develop and implement a low-cost mine ventilation system, that is easy to accept by artisanal miners. The activities discussion and execution with the artisanal miners to find the better solutions do guarantee the project results and the introduction of the ventilation system, since the miners were involved to discover that better solutions.

KEYWORDS: artisanal mines, amethyst geode extraction, mine ventilation.

INTRODUÇÃO

Este trabalho pretende apresentar os resultados de um processo de investigação conjunta de garimpeiros e pesquisadores para desenvolvimento de um sistema de ventilação de baixo custo, de fácil operação e de fácil construção e manutenção a ser implantado nos garimpos do Distrito Mineiro de Ametista do Sul no RS. Esse trabalho constitui uma das âncoras do processo de ensino aprendizagem de mão-dupla (garimpeiros ↔ pesquisadores) estabelecido para atingir o objetivo geral de transformação tecnológica dos garimpos. Essa investigação constituía parte da principal prioridade elencada pela Cooperativa dos Garimpeiros do Médio Alto Uruguai Ltda. (COOGAMAI): “solucionar o problema do pó na perfuração do basalto”.

A definição de um sistema de ventilação para as galerias dos garimpos de ametista é fundamental na medida em que a renovação do ar nas galerias possibilita: i) remoção de partículas geradas na perfuração do basalto com martelinhos pneumáticos; ii) remoção dos gases produzidos pela queima da pólvora no desmonte das rochas basálticas; iii) não permitir ambiente de pouca visibilidade e segurança; e iv) minimizar a geração de ar quente e úmido pela respiração e utilização de motores de combustão (Córdova, 2006).

O uso de transporte movido com motor a gasolina ou diesel também gera material particulado, além de gases nitrosos, CO₂ e CO (Figura 1).

CONDIÇÕES INICIAIS DE OPERAÇÃO NOS GARIMPOS

As galerias (túneis, “brocas”) nos garimpos no Distrito Mineiro de Ametista do Sul são fundamentalmente de 2 tipos: (1) garimpos em que há somente uma galeria de entrada e saída. Nesses garimpos, a entrada e a saída de ar, principalmente, e de pessoas e equipamentos são feitas por meio de um único túnel (situação “fundo de saco”); e (2) garimpos em que há um maior número de saídas externas para as galerias. 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 por meio de outras galerias conectadas com o exterior, mas momentaneamente desativas do ponto de vista operacional (Córdova, 2006).

ETAPA 1 DA EXPERIÊNCIA: A CONSTRUÇÃO DE SOLUÇÃO COM OS GARIMPEIROS

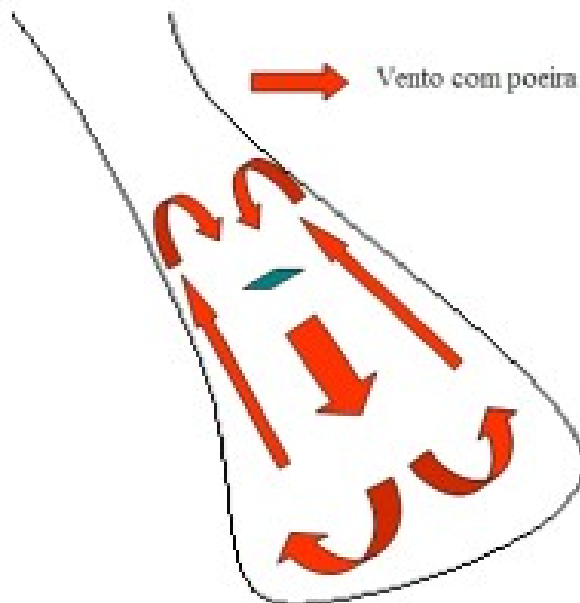
O Garimpo dos Potrich foi selecionado para o desenvolvimento das experiências com os garimpeiros. Esse garimpo é do tipo “fundo de saco”, onde apenas uma galeria conecta o interior e o exterior, e serve de caminho para deslocamento de pessoas, equipamentos, materiais e para a renovação do ar (Figura 2). Para iniciar os estudos de projeto e o dimensionamento do sistema de ventilação, utilizou-se de equipamentos e materiais básicos disponíveis na região de Ametista do Sul. Esses equipamentos e materiais são: i) Materiais Elétricos (fios, disjuntores); ii) Lona de Caminhão (costuradas em formas de tubos); iii) Folhas de Flandres; iv) Motor 3 CV trifásico, hélice e acoplamento; v) Motor 5 CV trifásico, hélice e acoplamento; vi) Material de metalurgia (ferros, parafusos e porcas).

O objetivo de adquirir esses materiais básicos na região é, principalmente, mostrar aos garimpeiros a possibilidade de que eles possam construir efetiva e facilmente os seus equipamentos de ventilação a custos muito reduzidos. Assim, as lonas foram transformadas em dutos quando costuradas em um “sapateiro” local; as folhas de flandres foram transformadas em dutos de suporte em “funilarias” locais; ferros, parafusos e porcas foram transformados em fixadores para os dutos de ventilação; etc... (Córdova, 2006).

Figura 1 – Veículo de transporte de materiais típico nos garimpos. A) sob condições externas. B) sob condições subterrâneas (nas galerias).



Figura 2 – Sistema de ventilação em “fundo de saco” utilizada na região adota um ventilador emprestado de aviários, que não elimina poeira, ar quente, umidade do ar e gases de motores, mas os recircula.



A avaliação inicial do sistema de ventilação envolveu a discussão com os garimpeiros de duas possibilidades: a) exaustão do ar, e b) insuflação de ar. Apesar das experiências conhecidas da

literatura (Hartman *et al.*, 1997) apontarem para a adoção de um sistema de insuflação, a solução permaneceu “aberta” à experimentação individual dos garimpeiros. Esse período de experimentação prática resultou em algumas conclusões por parte dos garimpeiros: a) insuflar o ar para o fundo das galerias “baixa” o pó da perfuração mais rapidamente; b) insuflar o ar para o fundo das galerias leva ar renovado mais rapidamente para as frentes de trabalho; e c) insuflar o ar para o fundo das galerias permite que o garimpeiro volte mais rapidamente a trabalhar em sua frente de extração.

As conclusões foram alcançadas espontaneamente, num determinado momento da experiência, pois foram marcadas por uma “disputa” do duto de ventilação insuflada dentro do garimpo. Estrategicamente, havia-se instalado somente um duto de ventilação insuflada (Córdova, 2006).

ETAPA 2 DA EXPERIÊNCIA: O DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE VENTILAÇÃO

A etapa seguinte adaptou e reduziu um sistema semelhante àquele das hidrelétricas e de minas subterrâneas. Esse sistema (Figura 3) consistiu de: a) ventiladores axiais impulsionados por motores trifásicos de 3 a 6 CV (mais potentes do que aqueles da primeira experiência), que insuflaram ar em um b) um duto feito de lona resistente de 2mm, fabricado por sapatarias da região. O diâmetro dos dutos é de 50 cm no primeiro acesso, e 30cm nos acessos internos das galerias. Os fixadores foram novamente elaborados em “funilarias” da região (Córdova, 2006).

Figura 3 – Esboço de projeto de circulação de ar em galerias de garimpo com apenas uma entrada e saída de ar (“fundo de saco”), como é o caso do Garimpo (Mina) dos Potrich.

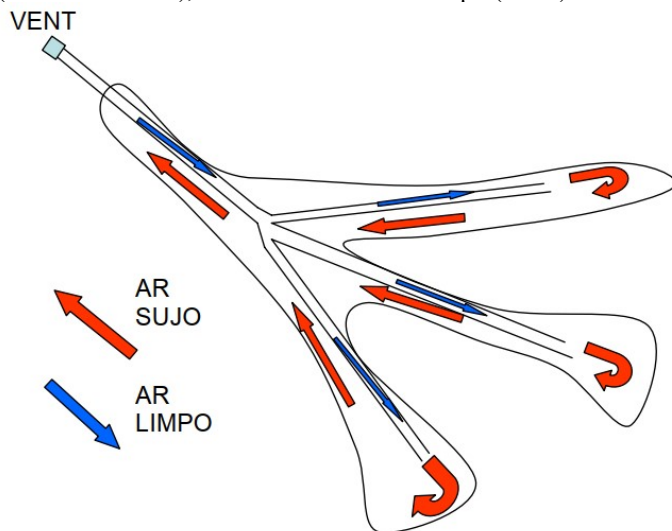


Figura 4 – Anemômetro e de manômetros diferenciais utilizados nas medidas de vazão e de pressão *in loco*.



Dessa maneira, ar limpo foi injetado nas frentes de lavra dos garimpos, diluindo os gases e poeiras tóxicas, além do ganho em tempo de operação, já que as galerias são mais rapidamente limpas de poeira e gases após os desmontes do basalto encaixante dos geodos. De imediato, percebeu-se uma melhora significativa na visibilidade e no conforto dos garimpeiros. Esse novo sistema (Figura 3) foi

sendo avaliado e dimensionado a partir de medidas de desempenho e de simulação *in loco* e em laboratório.

AQUISIÇÃO E ANÁLISE DE DADOS PARA DIMENSIONAMENTO O SISTEMA

O dimensionamento e a simulação de desempenho do sistema proposto para ventilação do Garimpo dos Potrich forma executados por meio de medições *in loco* de vazão e de pressão com o uso de anemômetro e de manômetros diferenciais (Figura 4), respectivamente. O objetivo dessas medidas é obter informações de desempenho tanto do(s) ventilador(es), quanto do sistema de dutos construídos.

As medidas de vazão foram realizadas em 4 pontos diferentes: entrada, boca 1, boca2, boca 3. Essas medidas foram feitas em seções perpendiculares às galerias, de modo que o fluxo de ar possa ser avaliado junto às paredes e ao centro de cada uma das seções dos dutos (Tabela 1).

Tabela 1. Medidas das vazões (m³/s) em várias seções de galeria no Garimpo dos Potrich.

ventilador aberto	bocas fechadas	velocidade entrada	velocidade boca 1	velocidade boca 2	velocidade boca 3
1	1	4.6	-	4.8	5.9
1	1 e 3	3.5	-	6.6	-
1	3	5.1	7	4.4	-
1	3 e 2	4.6	9.5	-	-
1	2	5.4	7.2	-	5.5
1	2 e 1	3.8	-	-	7.6
1 e 2	1	6.2	-	6.7	10.9
1 e 2	1 e 3	4	-	7.9	-
1 e 2	3	7.6	11.8	6.9	-
1 e 2	3 e 2	5.6	15.5	-	-
1 e 2	2	7.8	11	-	8.9
1 e 2	2 e 1	4.5	-	-	10.8

As pressões foram obtidas em pontos bem definidos com distâncias medidas entre eles e a entrada, pois esses são necessários para a determinação da resistência aerodinâmica (Tabela 2).

Tabela 2 – Medidas de pressões (Pa) em várias seções de galeria no Garimpo dos Potrich.

Ventilador aberto	Bocas fechadas	pressão furo 1	pressão furo 2	pressão furo 3	pressão furo 22	pressão B1	pressão B11	pressão B2	pressão B22	pressão B3	pressão B33
1	1	162	137	174	127	-	115	75	74	65	76
1	1 e 3	220	209	230	204	-	195	86	125	-	195
1	3	136	125	127	117	45	55	95	75	-	105
1	3 e 2	195	185	195	175	77	92	-	172	-	172
1	2	155	126	145	114	44	65	-	105	62	76
1	2 e 1	225	205	207	205	-	202	-	202	85	115
1 e 2	1	95	46	98	37	-	340	104	145	112	118
1 e 2	1 e 3	194	165	204	160	-	555	132	207	-	555
1 e 2	3	75	20	47	15	130	135	95	146	-	312
1 e 2	3 e 2	134	87	95	82	160	200	-	335	-	426
1 e 2	2	75	15	70	10	115	144	-	212	112	115
1 e 2	2 e 1	175	146	155	136	-	535	-	535	147	225

Os dados de pressões diferenciais e vazões dos ventiladores permitiu elaborar uma curva de operação para o(s) ventilador(es) (Hartman *et al.*, 1997). Essa curva permite avaliar o comportamento do ventilador perante os diversos sistemas de ventilação que podem ser instalados nos diferentes tipos de garimpo existentes no Distrito Mineiro de Ametista do Sul (Figura 5).

A determinação das resistências aerodinâmicas dos dutos feitos de lonas e das suas perdas de cargas devido a curvas e divisores nos dutos também foi realizada a partir dos dados de vazão e de pressões diferenciais medidos *in loco*. Assim, pode-se criar modelos computacionais para simular os diversos sistemas de ventilação possíveis nos garimpos do Distrito Mineiro de Ametista do Sul.

RESULTADOS ALCANÇADOS

A simulação por meio do *software* de ventilação direcionado à mineração (**VentSim**, versão educacional) adotou um modelo geométrico igual àquele do Garimpo dos Potrich. Os valores da simulação foram obtidos com base nos dados da curva de operação dos ventiladores, no modelo geométrico do sistema de ventilação e no comprimento dos dutos (simulando as condições da Tabela 1). Os valores obtidos pela simulação são muito próximos dos dados/medidas reais, como pode ser visto na figura 6 (Córdova, 2006).

Figura 5 – Curva de operação do sistema de ventilação proposto para o Garimpo (Mina) dos Potrich no Distrito Mineiro de Ametista do Sul.

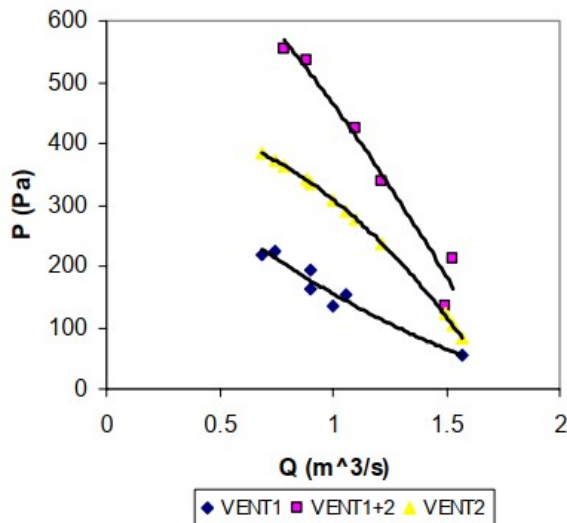
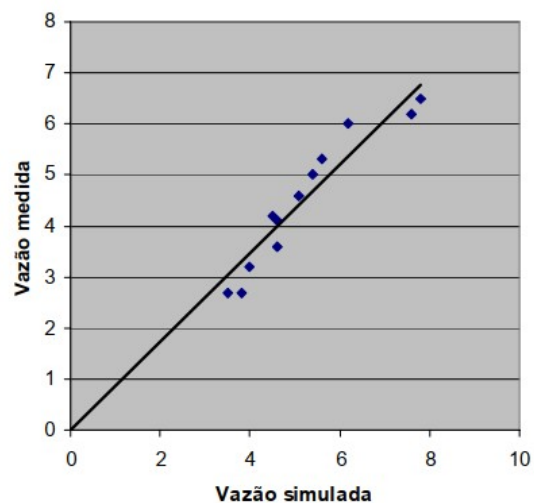


Figura 6 – Gráfico de correlação entre valores Medidos e valores Simulados de vazão no ventilador de entrada do Garimpo dos Potrich.



Os resultados mostraram uma pequena margem de erro (< 10% na média dos resultados). Tais valores que são considerados mínimos na mineração. A figura 6 mostra a alta correlação entre o valor medido e o simulado (Correlação de 0,95). As diferenças são causadas pela perda de carga variável dos dutos (Córdova, 2006).

CONCLUSÃO

As atividades desenvolvidas no Distrito Mineiro de Ametista do Sul (RS) mostram a real possibilidade de transformação de práticas garimpeiras não sustentáveis em práticas mineiras de baixo custo e sustentáveis: Garimpo → Mina. A introdução de um sistema básico de ventilação de mina em garimpo é uma possibilidade real, de baixo custo. No entanto, requer compromisso dos profissionais envolvidos e a utilização de técnicas de educação de caráter construtivista, que reconheçam a capacidade de aprendizados dos garimpeiros.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FINEP (Projeto Referência: 2784/03) pelos recursos do FNDCT (CT-MINERAL), que financiaram as atividades de extensão mineral e introdução de práticas sustentáveis nos garimpos).

REFERÊNCIAS

- Cordova, R.P. Estudos de mecânica de rochas e ventilação de galerias em garimpos do DM de Ametista do Sul. Relatório de Estágio Supervisionado, EE-UFRGS, Porto Alegre (RS). 64 pp. Orientador: Prof. Dr. Adélir J Strieder; Supervisores: Eng Minas Enrique Munaretti, Eng de Minas Altair F. Klippel. 2006.
- Hartman, H.L.; Mutmanský, J.M.; Wang, Y.J. Eds. Mine ventilation and air conditioning. 3rd Ed., New York (USA), John Wiley, 730 p., 1997.
- NRM 22. Norma Regulamentadora de Mineração, Proteção ao Trabalhador. Agência Nacional de Mineração. Página: https://www.dnpm-pe.gov.br/Legisla/nrm_22.htm. Acessada em 30/ago/2022.