

## **PADRONIZAÇÃO E OTIMIZAÇÃO DE SISTEMAS DE TINGIMENTO DE GEMAS**

**ERICKSSON, C.<sup>1</sup>, BRUM, I.A.S.<sup>2</sup>, SILVA, J.T.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Centro Tecnológico de Pedras, Gemas e Joias do Rio Grande do Sul/UPF, 6111@upf.br

<sup>2</sup>Universidade Federal do Rio Grande do Sul, irineu.brum@ufrgs.br

<sup>3</sup>Centro Tecnológico de Pedras, Gemas e Joias do Rio Grande do Sul/UPF, tonezer@upf.br

### **RESUMO**

O Estado do Rio Grande do Sul se coloca no cenário nacional e internacional como um grande produtor de pedras preciosas, onde se destacam produtos como ametista, citrino e ágata. Entretanto, apesar do imenso potencial que essa atividade mineira possui o setor ainda carece de melhor infraestrutura para o bom desenvolvimento de suas atividades. De uma forma geral a produção gaúcha ainda se concentra em garimpos e só recentemente muitos deles começaram a regularizar atividades juntos a órgãos oficiais de controle mineiro. Aliado a isso muitas vezes faltam condições adequadas para as atividades de extração e de controle ambiental. Outro problema que se coloca como crítico é a falta de valor agregado aos produtos desses sítios mineiros, que, por falta acesso a tecnologia e infraestrutura apropriada, na maioria das vezes são obrigados a negociar suas gemas em estado bruto, repassando a maior parte do lucro para intermediários. Isso resulta em enorme prejuízo para o produtor e para as comunidades envolvidas. É nesse cenário que este estudo visa a definição de sistemas técnica e operacionalmente viáveis de serem implementados, objetivando a agregação de valor pelo fenômeno de coloração das gemas produzidas. Foram analisados com maior atenção a sistemas de tingimento por processos termoquímicos, a partir da análise de efeito de insumos e parâmetros operacionais na cor final da gema.

**PALAVRAS-CHAVE:** gemas; pedras preciosas; tingimento; termoquímico.

### **ABSTRACT**

The State of Rio Grande do Sul State appears in the national and international scene as an important producer of precious stones, products such as amethyst, citrine and agate. However, despite the immense potential of this mining activity, the sector still with a worst infrastructure to the best development of their activities. In general the local production still focuses on artisanal mines and many of them only recently began to regularize activities together to the national mining department control. Linked to this, in the general are missing suitable conditions for extraction activities and environmental control. Another problem that is placed as critical is the absence of aggregate value to the products of these mining sites. The problem to access appropriate technology and infrastructure, in most cases, require miners to negotiate their gems in the rough state, transferring most of the profit to intermediaries. This result in great loss for the producer and for the communities involved. Against this scenario, this study aimed at defining systems technically and operationally feasible to implement, in order to add value by the phenomenon of color gems produced. Were analyzed with greater attention thermochemical coloring systems, analysis of effect of raw materials and operating parameters on the final color of the gem.

**KEYWORDS:** gems; precious stones; coloring; thermochemical.

## 1. INTRODUÇÃO

O Rio Grande do Sul é um dos maiores produtores brasileiros de pedras preciosas e um dos mais importantes produtores mundiais de duas delas, ágata e a ametista, que juntamente com citrino concentram a produção gaúcha de pedras preciosas, sendo que estas são variedades de quartzo. A ametista é a mais valiosa das três pedras preciosas, sendo um quartzo de cor roxa, em tons que vão do bem claro ao roxo profundo. Entretanto, mesmo com quantidade de material extraído e com o potencial a ser explorado um dos grandes problemas enfrentados pelos produtores é a falta de tratamento para as pedras. Um importante entrave para esses produtores é como fazer para agregar valor a seus produtos, uma vez que estes não raramente necessitam tratamentos específicos para adquirir cor, beleza e valorização no mercado (AGOSTINI e FIORENTINI, 1998; BRANCO, 1984).

A alteração cor de uma pedra é baseada em técnicas como tingimento, impregnação, recobrimento, irradiação, processos termoquímicos e outros. Sendo que, apesar dos aparatos necessários, complexidade de equipamentos e instalações os processos de irradiação são os mais utilizados no mundo. Nesse processo de coloração a cor final é definida pela dose de radiação e pelas impurezas da pedra, sendo que no Brasil esse é utilizada irradiação por raios gama. A fonte geradora da radiação Gama é o Cobalto 60, sendo que esta radiação não deixa resíduos e o material processado não se torna radioativo (STRIEDER, 2005; TUBINO, 1998).

Os processos termoquímicos estão baseados no emprego de determinados reagentes químicos, que em combinação com temperatura de operação (entre 180 e 260 °C), resultam em reações químicas que possibilitam a fixação de cor em pedras preciosas. A vantagem desse processo é a possibilidade de reprodução de condições operacionais ou, em outras palavras, reprodução exata de cores. Independente do processo escolhido para alteração da cor das pedras o objetivo básico é agregar valor ao produto bruto, viabilizando a sua comercialização em melhores condições. A seleção do processo utilizado ou do conjunto de processos a serem empregados está intimamente relacionada com as características da pedra a ser colorida, assim como com a finalidade da mesma e interesse de mercado (BRUM e SILVA, 2010; DAMBROS, 2008)

## 2. METODOLOGIA

Em relação aos processos de tingimento, as gemas de calcedônia utilizadas precisam ser submetidas ao processo de corte para disposição em chapas. Posteriormente, as mesmas passam para o processo de lavagem com detergente, visando a limpeza do resíduo deixado pelo óleo empregado nos equipamentos de serragem. Além do banho de imersão em sabão e/ou detergente, é realizado um banho das gemas em xispa, produto comercial de caráter ácido, buscando assim uma melhor remoção dos resíduos oleosos acumulados no processo de corte das gemas, bem como agregar melhor brilho nas gemas após serem tratadas.

Quanto à escolha e classificação das gemas, a metodologia aplicada foi de amostras aleatórias, separando-se apenas os lotes para recebimento de pigmentação. Para obtenção das colorações descritas, torna-se necessário o tratamento prévio das gemas para a desobstrução dos poros, conforme relatado anteriormente. Para tanto, foram medidos, em balança semi-analítica, a massa de 33,33 gramas de cada corante orgânico, neste caso, foi usada a rodamina B, como pigmento para a coloração rosa; cristal violeta para a coloração roxa e verde brilhante para a coloração verde, conforme Figura 1.

Os corantes orgânicos são dissolvidos, individualmente, em 1 litro de álcool combustível e após dissolução total do sistema, são mantidos em repouso por um período de, aproximadamente, trinta minutos para verificar se houve decantação do aparente sistema homogêneo, conforme Figura 2.

Caso exista a presença de corpo de fundo nos recipientes, reinicia-se o processo de dissolução por agitação do sistema. Após a certificação da formação de soluções homogêneas, as mesmas são transferidas para os recipientes plásticos que serão levados ao banho-maria posteriormente



**Figura 1.** Medida de massa correspondente ao corante orgânico verde brilhante, em balança digital semi-analítica.



**Figura 2.** Sistemas em decantação contendo as soluções tingidoras de pigmentação com verde brilhante, cristal violeta e rodamina B, da esquerda para a direita, respectivamente.

Em seguida, são colocadas as soluções tingidoras nos respectivos recipientes plásticos, acrescidos das gemas em chapas e devidamente lacrados com a tampa, conforme Figura 3. Os recipientes são armazenados dentro do tanque de tingimento para desenvolvimento do banho-maria.

Os recipientes são mantidos em aquecimento por um período de quatro horas ininterruptas em temperatura constante de 60°C. Contudo, torna-se necessário o prévio aquecimento da água contida no tanque até que seja alcançada a temperatura desejada, para posterior contagem do intervalo de tempo de 4 horas. Decorrido um período entre 96 a 120 horas, sem aquecimento, as mesmas podem ser removidas das soluções tingidoras. Neste caso, os recipientes plásticos são transferidos para o tanque de lavagem (Figura 4), onde será recebido o primeiro banho com o mesmo solvente usado para dissolução do pigmento, no caso, o álcool combustível.

Em seguida, as gemas são transferidas para outro recipiente previamente limpo e higienizado, para a segunda lavagem, neste caso com água. Recolhe-se o efluente gerado na lavagem com água e armazena-o em recipientes devidamente identificados, para posterior encaminhamento à estabelecimento, licenciado pelo órgão ambiental competente, que irá desenvolver o tratamento do referido efluente. Quanto ao álcool combustível usado na primeira lavagem das gemas, o mesmo pode ser recolhido em recipiente para eventual reposição do próprio solvente na solução tingidora que pode ter perda de volume por evaporação, quando submetido ao aquecimento em banho-maria. Repetem-se os procedimentos descritos acima quantas vezes forem necessárias para total remoção de resíduos deixados pelo corante na superfície das gemas. Tais procedimentos ocorrem, sucessivamente, até que todas as gemas sejam removidas do interior dos recipientes que possuem as soluções tingidoras.



Figura 3. Recipientes plásticos vedados contendo as gemas imersas nas soluções tingidoras para aquecimento em banho maria no tanque de tingimento.



Figura 4. Primeira lavagem das gemas com álcool combustível, após serem removidas da solução tingidora.

Após término dos procedimentos mencionados, as gemas são acomodadas em papéis, afim de que os mesmos possam absorver a umidade das gemas. Quando verificado a total secagem das gemas, as mesmas são classificadas de maneira aleatória para serem submetidos a posteriores testes e ensaios.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os procedimentos observados, durante a pesquisa, in loco tiveram que ser adaptados e modificados, tendo em vista a precariedade das condições de trabalho e segurança, descontrolado de fatores como temperatura e tempo, assim como desconhecimento da quantidade dos reagentes usados e suas classificações químicas. De certa forma, todos estes fatores prejudicam, em muito, o controle do processo de tingimento. Outro fator relevante é a procedência das soluções tingidoras e reagentes químicos usados, os quais são vendidos de forma fracionada, sem rótulos de identificação, sem comprovante fiscal, assim como sem o devido controle ambiental pelos órgãos responsáveis.

No que diz respeito à impregnação do corante na gema, a fim de tonalizá-la, pode ser verificado diferentes tipos de resultados. Em alguns casos, foi verificado que a parte interna da circunferência da gema, em chapa, não sofreu impregnação pelo corante. Esta situação pode ser explicada pela formação de macro cristais nesta região, diminuindo, assim, a porosidade e o interstício entre um bico de cristal e outro, onde poderia ser acumulado o pigmento do corante.

Em relação à penetração do corante na gema, pode-se classificar como de boa qualidade, devido ao fato do pigmento atingir toda a espessura da mesma. Quando a impregnação não se efetiva de maneira satisfatória, verificar-se-ia que o corante penetraria apenas superficialmente ou em pequena profundidade na espessura da gema. Contudo, este último, não foi observado nos resultados finais do tingimento, em quaisquer das tonalidades testadas. Sendo assim, pode-se aceitar que o período de imersão das gemas nas soluções tingidoras foi caracterizado como um período suficiente para a total impregnação de cor na extensão de toda a espessura da gema, mas não caracteriza a durabilidade do pigmento.

Como análise preliminar em relação à durabilidade do pigmento nas gemas, foram coletadas, de maneira aleatória, uma amostra de cada um dos tipos de tingimentos desenvolvidos. Tais amostras

foram submetidas à exposição solar por um período de trinta dias ininterruptos, sendo os resultados observados nas Figuras 5, 6 e 7, a seguir.



Figura 5. Chapas de ágata, de mesmo lote, tingidas com corante cristal violeta. À esquerda, amostra submetida ao escuro por trinta dias e à direita, amostra exposta à radiação solar pelo mesmo período.



Figura 6. Chapas de ágata, de mesmo lote, tingidas com corante rodamina B. À esquerda, amostra submetida ao escuro por trinta dias e à direita, amostra exposta à radiação solar pelo mesmo período.



Figura 7. Chapas de ágata, de mesmo lote, tingidas com corante verde brilhante. À esquerda, amostra submetida ao escuro por trinta dias e à direita, amostra exposta à radiação solar pelo mesmo período.

Interpreta-se que o pigmento, mesmo com uma impregnação total em toda a espessura da gema, sofreu degradação por reação de raios solares na superfície da gema, progredindo sucessivamente para o interior da mesma. Sendo que esse efeito tem sido reportado por outros autores como SCHNEIDER *et al.* (2000) e SILVA *et al.* (2007).

Para fins de comparação de resultados, pode-se verificar a degradação da cor das amostras expostas à radiação solar comparadas com amostras armazenadas em abrigo e resguardo da luz.

Em relação ao tingimento na tonalidade verde, pode-se, ainda, ser observado que mesmo a amostra sendo armazenada em ambiente seco e ao abrigo da luz, houve degradação parcial do pigmento comparando com a amostra exposta aos raios solares. Tal observação remete às propriedades do corante verde brilhante, que sofre degradação com maior facilidade que os demais testados, assim como, apresentam maior dificuldade de penetração nos poros das gemas submetidas aos ensaios. Contudo, fica a evidência do uso de um período maior de tempo em relação ao aquecimento em banho-maria e/ou de imersão das gemas na solução tingidora verde.

#### 4. CONCLUSÕES

Após a realização dos testes pode-se concluir que a metodologia criada para o processo de tingimento de gemas, a partir de diferentes procedimentos nos processos de tingimento de gemas no APL de pedras, mostrou-se eficaz. Essa análise está baseada no fato de que o fator de impregnação do pigmento nas gemas e a coloração visual destas são as mesmas quando comparadas com as que são comercializadas pelas pequenas empresas da região de Soledade, RS. Nesse sentido, é importante perceber que os resultados obtidos são praticamente iguais aos observados nos locais tradicionais de tingimento de gemas, onde não se observa e/ou controla a quantificação dos reagentes utilizados.

Neste sentido, seguem-se os testes com os pigmentos, porém em escala de amostras na modalidade de quadruplicata para cada tonalidade de cor, assim como ensaios de cor e degradação dos pigmentos usados.

Tendo em vista a grande dificuldade de acesso às informações importantes em relação aos reagentes empregados, a falta de dados quantitativos e qualitativos, está sendo buscada uma série de tingimentos alternativos para as gemas, alienada às questões ambientais de geração de resíduos, assim como o devido tratamento e a periculosidade dos reagentes químicos hoje usados nos processos acompanhados.

## 5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq pelo apoio financeiro obtido através do edital 12/2009 (chamada 2, Tecnologias de Sistemas Produtivos Locais do Setor Mineral).

## 6. REFERÊNCIAS

AGOSTINI, I. M.; FIORENTINI, J. A. (Cap. 6, p. 103-132). Tecnologia de beneficiamento. In: *Ágata do Rio Grande do Sul*. Brasília: DNPM, 1998.

BRANCO, P. M. Glossário gemológico, Ed. da UFRS, Porto Alegre, RS. pp. 19-20. (1984).

BRUM, IRINEU ANTÔNIO SCHADACH; SILVA, RODRIGO ALMEIDA (Cap. 15, p.205). Sistemas de tingimento de gemas. In: *Tecnologias para o setor de gemas, joias e mineração*. Centro Tecnológico de Pedras, Gemas e Joias do Rio Grande do Sul. IV. Universidade Federal do Rio Grande do Sul: Instituto de Geociências. Porto Alegre: IGEO/UFRGS. 2010.

DAMBROS, V.S. Processo de tingimento de ágatas: medidas de produção mais limpa e estudo de detoxificação de efluente. Dissertação de mestrado. UNISC, 2008.

SCHNEIDER, I.A.H., PIZZOLATO, T.M., MACHADO, E.L. E CARISSIMI, E. Fotodegradação solar e oxidação química de corantes empregados na indústria de tingimento de ágatas. XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental.

SILVA, R.A.; PETTER, C.O. e SCHNEIDER I.A. Avaliação da perda da coloração artificial em ágatas. *REM: Rev. Esc. Minas, Ouro Preto*, 60(3): 477-482, jul. set. 2007

STRIEDER, A.J. Geologia e mineração em áreas de garimpo de pedras preciosas no estado do rio grande do sul. Seminário – Relatório geral das atividades da UFRGS em geologia e mineração nos distritos mineiros de pedras preciosas no estado do Rio Grande do Sul. Setembro, 2005. UFRGS.

TUBINO, LUIZ CARLOS B. Tratamento industrial da ágata em bruto no Estado do Rio grande do Sul. Dissertação para obtenção do título de Mestre em Engenharia UFRGS, Porto Alegre, 1998.