

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS JURÍDICAS E ECONÔMICAS
DEPARTAMENTO DE GEMOLOGIA**

GUSTAVO DE ALMEIDA VASSALLO

**ANÁLISE DE UMA TÉCNICA ALTERNATIVA PARA TRATAMENTO DE
ESMERALDA UTILIZANDO A RESINA OPTICON**

VITÓRIA - ES

2021

GUSTAVO DE ALMEIDA VASSALLO

**ANÁLISE DE UMA TÉCNICA ALTERNATIVA PARA TRATAMENTO DE
ESMERALDA UTILIZANDO A RESINA OPTICON**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Gemologia do Centro de Ciências Jurídicas e Econômicas da Universidade Federal do Espírito Santo – UFES, como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Gemologia.
Prof. Orientador: Dr. Paulo Dias Ferreira Júnior

VITÓRIA - ES

2021

GUSTAVO DE ALMEIDA VASSALLO

**ANÁLISE DE UMA TÉCNICA ALTERNATIVA PARA TRATAMENTO DE
ESMERALDA UTILIZANDO A RESINA OPTICON**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Gemologia do Centro de Ciências Jurídicas e Econômicas da Universidade Federal do Espírito Santo – UFES, como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Gemologia.

Aprovado em: 19 de outubro de 2021

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dr. Paulo Dias Ferreira Júnior
Universidade Federal do Espírito Santo
(Orientador)

Prof.^a M. Sc. Giovanna Fornaciari
Universidade Federal do Espírito Santo

Prof. Dr. Thiago Motta Bolonini
Universidade Federal do Espírito Santo

AGRADECIMENTOS

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, que é essencial em nossas vidas, e a meu professor Paulo Dias Ferreira Júnior, que sempre esteve presente ajudando, inspirando, orientando e se dispondo a ofertar o conhecimento sem restrições, demonstrando-se um verdadeiro mestre e mentor. A ele o meu muito obrigado e minha grande admiração.

Aos meus familiares, especialmente minhas filhas, que deram apoio e suporte, compreendendo minha ausência durante estes anos de dedicação ao estudo da Gemologia, me oferecendo conforto, incentivo e amor.

Agradeço aos professores do curso de Graduação em Gemologia, que por todos esses anos me ajudaram, enriqueceram meus conhecimentos e principalmente ao orientador Paulo Dias Ferreira Júnior. À Universidade Federal do Espírito Santo e aos contribuintes que nos deram a oportunidade de obter este conhecimento único com a infraestrutura necessária ao nosso desenvolvimento científico e cultural.

RESUMO

Considerada pelos leigos como uma das quatro pedras preciosas mais importantes do mundo, acompanhada do diamante, do rubi e da safira, a esmeralda é uma gema especial, devido a sua cor verde característica, mas também pela dificuldade de se obter um exemplar que apresente diafanidade transparente, livre de inclusões e estruturalmente intacto ou minimamente afetado por fraturamentos, uma vez que a sua formação é ligada a processos tectônicos intensos. Visto sua raridade, a dificuldade de encontrar cristais perfeitos de tamanho adequados à lapidação, a demanda elevada e da grande parte das esmeraldas apresentarem imperfeições e inclusões, consideramos oportuno o estudo do aprimoramento dos métodos, tradicionalmente usados no mercado para o melhoramento das gemas, buscando resultados que aumentem seu aproveitamento, principalmente no que tange os exemplares de menor valor comercial. A proposta deste trabalho é testar a efetividade da bomba de vácuo no preenchimento de fraturas com resina Opticon objetivando uma melhora nas características das gemas e sua respectiva valorização comercial. A metodologia empregada envolve, inicialmente, a limpeza do material através do uso de produtos químicos, visando remover tratamentos prévios e inclusões epigenéticas, seguido do preenchimento das fraturas com a resina Opticon colorida. O diferencial deste trabalho é a utilização da bomba de vácuo nos processos de limpeza e preenchimento de fraturas, o que não é convencional no tratamento de esmeralda. Findas todas as etapas do processo em estudo, notamos melhorias no material, principalmente em sua diafanidade, com redução de inclusões epigenéticas e menor percepção das fraturas existentes, aumentando sua nota de avaliação e por consequência sua valorização. A utilização da câmara de vácuo nos processos de limpeza e preenchimento de fraturas mostrou-se promissor sendo necessário, entretanto, estudos comparativos com outros procedimentos adotados no tratamento da esmeralda e uma padronização das amostras o que permitiria um parecer mais conclusivo sobre a melhor técnica a ser empregada na melhoria da qualidade desta importante gema.

Palavras-chave: Esmeralda. Tratamento. Resina. Gemologia.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Vista superior e lateral da estrutura do berilo mostrando anéis hexagonais de sílica empilhados paralelamente ao eixo C. 14

LISTA DE FOTOGRAFIAS

Fotografia 1 – A Esmeralda Rockefeller, compondo um anel esmeralda com diamantes	15
Fotografia 2 – Colar de esmeralda Bulgari de Elizabeth Taylor vendido pela Christie's	16
Fotografia 3 – Preenchimento de fratura por resina, cera e polímeros quando as descontinuidades atingem a superfície	20
Fotografia 4 – O preenchimento de fraturas pode causar uma mudança profunda na diáfaneidade e aparência da esmeralda.....	20
Fotografia 5 – Efeito <i>flash</i> laranja e azulado em esmeralda colombiana tratada por preenchimento de fratura com resina artificial	22
Fotografia 6 – Preenchimento de fratura com óleo/resina incolor sendo possível observar inclusões fluidas monofásicas gasosas..	22
Fotografia 7 – Lote com 26 esmeraldas sob iluminação direta de led branco.	25
Fotografia 8 – Lote com 26 esmeraldas sob iluminação direta em luz natural	25
Fotografia 9 – Lote de esmeralda lapidada imersa em álcool 99%.....	26
Fotografia 10 – Lote de chapas de esmeralda imerso em álcool 99%.	26
Fotografia 11 – Chapas de esmeralda após o processo de lapidação sem nenhum tratamento ou limpeza prévios	32
Fotografia 12 – Chapas de esmeralda após o processo de limpeza.	33
Fotografia 13 – Chapas de esmeralda após o processo de preenchimento das fraturas por resina Opticon.	34
Fotografia 14 – Comparação entre a qualidade das chapas de esmeralda antes (esquerda), durante (meio) e após (direita) o preenchimento das fraturas por resina	35
Fotografia 15 – Composição com o lote de 26 esmeraldas lapidadas utilizadas neste experimento após a limpeza.	37
Fotografia 16 – Lote de esmeralda após tratamento de limpeza e preenchimento de fraturas.	37
Fotografia 17 – Lote com as 26 esmeraldas antes da limpeza (esquerda) e depois do preenchimento das fraturas com resina (direita).	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Avaliação do lote de 26 esmeraldas antes de qualquer tratamento de acordo com os critérios do IBGM (2009).	36
Tabela 2 – Valores dos insumos usados no tratamento, desconsiderando custos fixos, depreciações, mão de obra e outros cabíveis no caso de processos produtivos.	38
Tabela 3 – Avaliação do lote de 26 esmeraldas após o tratamento de acordo com os critérios do IBGM (2009).	39
Tabela 4 – Precificação de esmeraldas lapidadas de procedência genérica.	41
Tabela 5 – Precificação de esmeraldas de origem indeterminada segundo o The Gem Guide.	41
Tabela 6 – Comparação dos preços das esmeraldas em estudo antes e após o tratamento	43

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Classificação da pureza das gemas de cor examinada com lupa de 10x.....	17
Quadro 2 – Variação da nota de avaliação, conforme o grau de pureza das gemas pertencentes aos Grupos I, II, III.....	18
Quadro 3 – Características das gemas coradas classificadas como excelente ou extra (notas 10 a 8).....	18
Quadro 4 – Variação dos graus de pureza dos Grupos I, II, III.....	29
Quadro 5 – Características das gemas coradas classificadas como boa ou primeira (notas 8 a 6).	30
Quadro 6 – Características das gemas coradas classificadas como segunda ou média (notas 6 a 4).....	30
Quadro 7 – Características das gemas coradas classificadas como terceira ou fraca (notas 4 a 1)	31

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Variação do valor da esmeralda de origem desconhecida, em função de seu peso em quilates e da nota de avaliação	42
---	----

LISTA DE FLUXOGRAMAS

Fluxograma 1 – Sequência de procedimentos adotados na limpeza das gemas lapidadas.....	27
Fluxograma 2 – Sequência de procedimentos adotados na limpeza das chapas	28

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 CLASSIFICAÇÃO E FORMAÇÃO DA ESMERALDA.....	13
1.2 MERCADO E TRATAMENTOS APLICADOS À ESMERALDA.....	15
1.3 IDENTIFICAÇÃO DE TRATAMENTO POR PREENCHIMENTO DE FRATURAS EM ESMERALDAS.....	21
2 OBJETIVO	23
2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	23
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	24
3.1 OBTENÇÃO E QUALIDADE DAS AMOSTRAS.....	24
3.2 CARACTERIZAÇÃO DO TRATAMENTO	26
3.3 PROCESSO DE CLASSIFICAÇÃO E PRECIFICAÇÃO.....	29
4 DESENVOLVIMENTO	32
4.1 TRATAMENTO DAS CHAPAS.....	32
4.2 TRATAMENTO DAS GEMAS LAPIDADAS.....	35
5 DISCUSSÃO	40
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	45
REFERÊNCIAS	46

1 INTRODUÇÃO

Desde o início da humanidade as gemas e os adornos fizeram parte das culturas existentes expressando posição social, *status* econômico, posição hierárquica, política ou liderança e até mesmo, usadas para fins religiosos, de proteção ou como objetos de purificação (CORNEJO; BARTORELLI, 2014).

A esmeralda é considerada a variedade gemológica mais famosa do mineral berilo que pertence ao grupo do berilo, sendo uma gema icônica que fez parte da história humana em várias culturas e épocas. Estima-se que as primeiras minas de esmeraldas datam de pelo menos 330 a.C. no Egito, tendo Cleópatra como grande admiradora desta gema, usando-as em seus adornos reais. Seu nome vem da palavra grega *smaragdus*, sendo citada abundantemente ao longo da história e influenciado diferentes culturas (SCHUMANN, 2006).

Plínio em seu tratado de História Natural, publicado no primeiro século d.C. faz muitas referências a esta gema, destacando a sua beleza, cor incomparável e sua capacidade de acabar com o cansaço e a lassidão.

Na Tailândia, o ícone religioso mais sagrado é chamado de Buda de Esmeralda, mesmo que este seja esculpido em jadeíta verde, mostrando implicitamente o significado místico e cultural que esta gema carrega. Nas Américas, estima-se que os incas já faziam uso da esmeralda em suas joias e rituais religiosos há 500 anos.

A ela se atribuíram efeitos místicos relacionados à proteção de feitiços malignos, à capacidade de prever o futuro ao ser colocada sob a língua, a cura de doenças como a cólera e malária e até mesmo a verdade ou falsidade do juramento de um amante.

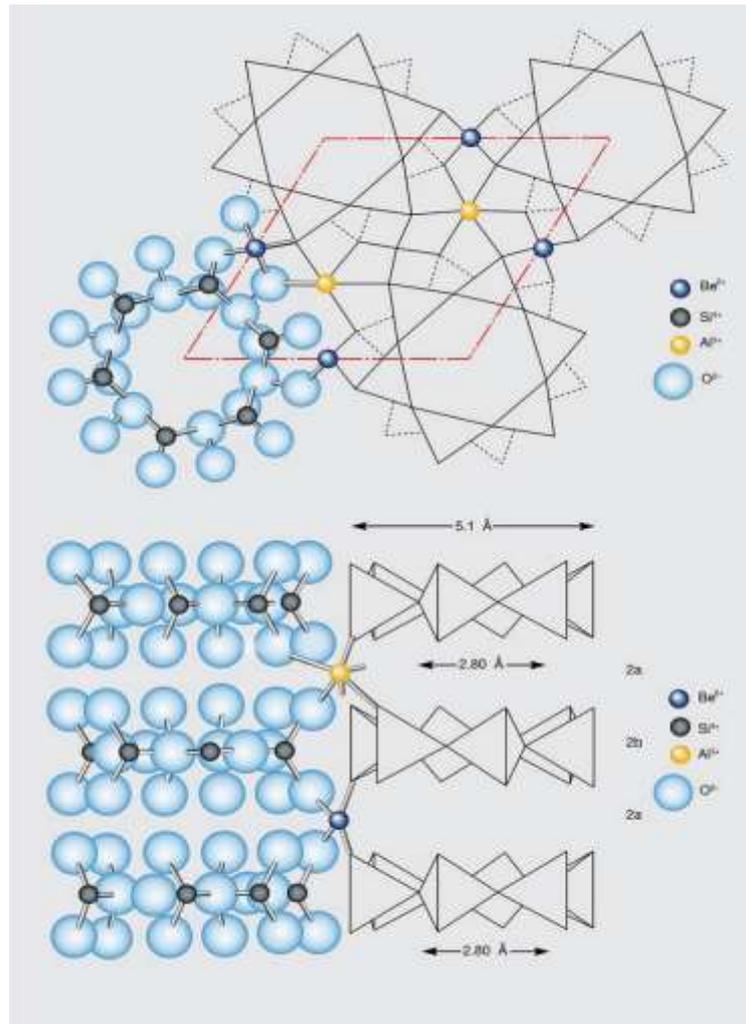
Segundo a lenda, a esmeralda foi uma das quatro gemas dadas por Deus ao Rei Salomão, sendo que estas quatro pedras deram a ele o poder sobre toda a criação (GIA, 2021). Mas afinal de contas, o que é uma esmeralda?

1.1 CLASSIFICAÇÃO E FORMAÇÃO DA ESMERALDA

A esmeralda é um aluminossilicato da classe dos silicatos, subclasse dos ciclossilicatos, apresentando a fórmula química $\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}$ e sua coloração esverdeada intensa é produzida através da substituição dos cátions cromóforos de cromo e vanádio nos sítios octaédricos do alumínio (HEWTON et al., 2013).

A figura 1 mostra a estrutura do berilo, vistas do topo (parte superior A) e lateralmente (parte inferior B), sendo que a vista do topo mostra os anéis hexagonais de silicatos, empilhados paralelamente ao eixo C que se coloca normal ao desenho, sendo mantidos unidos pelo Al^{3+} nos sítios octaédricos e pelo Be^{2+} nos sítios tetraédricos (PIGNATELLI et al., 2015). Os anéis de sílica são ligados por octaedros de alumínio e tetraedros de berílio.

Figura 1 – Vista superior e lateral da estrutura do berilo mostrando anéis hexagonais de sílica empilhados paralelamente ao eixo C.



Fonte: Pignatelli et al. (2015)

Segundo Schwarz & Schmetzer (2002) a esmeralda é um berilo de coloração verde, verde amarelado ou verde azulado cuja cor é provocada pela presença de Cr_2O_3 (25 ppm ou 0,00025%) e/ou V_2O_3 (34 ppm ou 0,00034%).

Sua formação característica atrelada a eventos tectônicos de intensidade variada, dobramentos, falhamentos e metassomatismo ligados à remobilização dos elementos berílio, cromo e vanádio, que tipicamente se fracionam em ambientes geoquímicos distintos, por fluidos hidrotermais

(SCHWARZ, GIULIANI, 2001; GIULIANI et al., 2019) explicam sua raridade e sua classificação no Grupo III (IBGM, 2009).

O conturbado ambiente geológico causa, frequentemente, o aprisionamento de inclusões sólidas e fluidas, fraturamento, cicatrização parcial destas discontinuidades físicas e o desenvolvimento de zonamento de cor, provocado por variações nas condições de cristalização desencadeados por mudanças na pressão, temperatura ou nas características do fluido formador (SCHWARZ, 1987).

1.2 MERCADO E TRATAMENTOS APLICADOS À ESMERALDA

Devido a sua raridade, joias compostas com esmeraldas de excepcional qualidade e tamanho podem ser comercializadas por preços proibitivos a consumidores menos endinheirados como podemos ver no artigo da Christie's intitulado *Love is an emerald' — 10 historic emerald jewels sold at Christie's* que mostra as 10 joias mais caras do mundo, vendidas pela casa de leilões Christie's, que tem em sua composição esmeraldas.

Nas fotografias 1 e 2 estão as duas primeiras joias mais caras listadas no artigo mencionado:

Fotografia 1 – A Esmeralda Rockefeller, compondo um anel esmeralda com diamantes, que foi vendido por US\$ 5.511.500 em 20 de junho de 2017 na Christie's em Nova York. A esmeralda pesa 18,04 ct valendo US\$ 304.878/ct.



Fonte: Christie's (2020)

Fotografia 2 – Colar de esmeralda Bulgari de Elizabeth Taylor vendido pela Christie's em Nova York por US\$ 6.130.500 em 2011.



Fonte: Christie's (2020)

Por definição, as gemas são materiais que por sua beleza, raridade, aceitabilidade, durabilidade e portabilidade, podem ser usados como adorno. Em sua grande parte, processos de melhoria são aplicados permitindo que sejam realçadas as características do mineral.

A principal melhoria, sem margem para contestações, é a lapidação, que tem por objetivo realçar ao máximo as características que podem valorizar a gema, fazendo com que a luz que incide sobre a sua parte superior, retorne através da mesma causando seu brilho, aumentando sua diafaneidade, dando-lhe forma e simetria adequados, realçando, em resumo, a sua beleza.

Outro tratamento extremamente relevante e amplamente aceito pelo mercado para algumas gemas é o preenchimento de discontinuidades físicas (fraturas), visando um aumento da diafaneidade e transparência melhorando a aparência do material, além de tratamentos térmicos entre outros (ANDERSON, 1984; FAVACHO et al. 2001; BRANCO, 2008).

A aceitabilidade é um fator de grande peso no comércio de gemas e perante este critério, temos o diamante como a mais aceita (mesmo não sendo mais raro que muitos outros minerais), seguida pela safira, rubi e esmeralda, no segundo escalão das gemas mais desejadas pelo

consumidor. Diante deste fato é fácil intuir que a grande procura e a baixa oferta destes minerais, fazem que estes apresentem grande valor econômico (BRANCO, 2008).

Estima-se que uma pequena porcentagem destes minerais (rubi, safira e esmeralda), que são classificados no grupo II e III (Quadro 1 e Quadro 2) pelo Boletim Referencial de Preços IBGM/DNPM (2009), são encontrados sem defeitos ou inclusões que permitam sua utilização como adorno sem tratamentos prévios, podendo chegar a ser comercializados por valores astronômicos como mostrado acima, superando a marca do milhão de dólares para gemas perfeitas e grandes, o que definitivamente são valores restritivos que permitem o uso, somente pelas pessoas mais ricas do mundo.

Em relação ao grau de pureza, como informação adicional, no Grupo I estão gemas como exemplos água-marinha, turmalina verde e topázio e no Grupo II gemas como safira, rubi, granada e alexandrita.

Importante ressaltar que algumas variedades gemológicas de um mesmo mineral podem ser classificadas em diferentes grupos, como é o caso da esmeralda (Grupo III) e água-marinha (Grupo I), ambas variedades do mineral berilo.

Quadro 1 – Classificação da pureza das gemas de cor examinada com lupa de 10x. (SI: sem inclusões; IL: inclusões leves; IM: inclusões moderadas; IA: inclusões acentuadas; IE: inclusões excessivas.).

GRAU DE PUREZA	DESCRIÇÃO DO GRAU DE PUREZA
SI	Sem inclusões e sem imperfeições externas quando examinada sob a luz difusa, com lupa 10 x.
IL	Inclusões leves ou muito pequenas quando examinada com lupa 10 x. Pequenas imperfeições externas. A categoria IL é descrita como muito próxima da categoria anterior, SI.
IM	Inclusões moderadas que podem ser vistas facilmente com lupa 10 x e com certa dificuldade a olho nu. Pequenas imperfeições externas. Nesta categoria, as inclusões ou imperfeições não podem afetar a mesa da gema.
IA	Inclusões acentuadas, facilmente vistas a olho nu. Imperfeições externas também são facilmente encontradas.
IE	Inclusões excessivas. Esta categoria envolve todas as gemas que apresentam muitas inclusões e imperfeições externas, afetando seriamente a beleza, a transparência e a durabilidade do material.

Fonte: IBGM (2009)

Quadro 2 – Variação da nota de avaliação, conforme o grau de pureza das gemas pertencentes aos Grupos I, II, III (SI: sem inclusões; IL: inclusões leves; IM: inclusões moderadas; IA: inclusões acentuadas; IE: inclusões excessivas)

VARIAÇÃO DOS GRAUS DE PUREZA DOS GRUPOS I, II E III					
Grupo/Pureza	SI	IL	IM	IA	IE
Grupo I	10			1	
Grupo II		10			1
Grupo III			10		1

Fonte: IBGM (2009)

No Quadro 3 com a finalidade de fornecer ao leitor um parâmetro tangível de comparação das diferenças aceitas entre minerais dos grupos I, II e III, são elencadas características, sendo que a esmeralda faz parte deste último grupo.

Quadro 3 – Características das gemas coradas classificadas como excelente ou extra (notas 10 a 8), mostrando as diferenças e tolerância de certas imperfeições nos diferentes materiais.

EXCELENTE OU EXTRA (notas de 8 a 10):	
Quanto à cor:	Matiz puro e uniforme. Brilho intenso
Quanto à pureza:	Gemas do Grupo I: Minúsculas inclusões invisíveis a olho nu e pouco visíveis com a lupa de 10x. Gemas do Grupo II: Pequenas inclusões pouco visíveis a olho nu e visíveis com lupa de 10x. Gemas do Grupo III: Pequenas e pouco acentuadas inclusões visíveis a olho nu e, obviamente, também com a lupa de 10x.
Quanto à lapidação:	Boas proporções, simetria perfeita, culaça bem centrada, bom polimento, facetas bem colocadas sem estarem remontadas

Fonte: IBGM (2009)

Pode-se observar que gemas distintas, mas com notas idênticas, podem apresentar grandes diferenças de aceitação pelo mercado consumidor no que diz respeito ao seu conjunto de inclusões, ressaltando desta forma a dificuldade de obtenção de materiais puros, homogêneos, livres de defeitos e impurezas (ANDERSON, 1984; IBGM, 2009).

Segundo o site gemsconsult.com.br (LEITE 2021), cerca de 90% das esmeraldas produzidas mundialmente, recebem algum tipo de tratamento após o processo de lapidação, sendo que o único que ainda é aceito pelo mercado internacional é o preenchimento de fraturas utilizando-se de óleo mineral, em fraturas superficiais e vários estudos apontam que o tratamento de descontinuidades em esmeraldas, com substâncias de coloração verde, não é aceito pelo mercado (McCLURE et al., 1999).

Aqui, neste trabalho, considera-se que tal afirmação pode ser aceita como válida somente para mercados mais exigentes e exclusivos, não abraçando o mercado compreendido por classes com potencial econômico para a aquisição desta gema tratada a um menor valor por quilate, de um material que continua sendo natural, mas tratado com substâncias já coloridas ou incolores. Neste caso, refere-se a esmeralda com notas abaixo de 4 (IBGM, 2009) voltadas a um mercado menos exigente e de menor valor agregado.

Para o tratamento de preenchimento de fraturas se faz uso de uma variada gama de produtos como óleos essenciais, ceras e resinas artificiais, como é o caso do Opticon 224 colorido, que é uma resina de baixa viscosidade quando aquecida e que após sua aplicação é associada a um endurecedor ou catalisador que provoca a cristalização ou endurecimento deste produto (WELDON, 2021). Esta resina possui um índice de refração (1,57) muito próximo ao do berilo (entre 1,564 a 1,602) o que reduz os efeitos da refração e dificulta a sua identificação a olho nu.

Muito usado no mercado este produto tem como objetivo reduzir a visibilidade de fraturas abertas que atingem a superfície da gema e melhorar sua diafanidade aparente, tendo como benefício em relação aos tratamentos com óleos e ceras, uma maior durabilidade e resistência a temperatura e produtos químicos, mesmo ainda sendo suscetível a alterações na presença destes fatores.

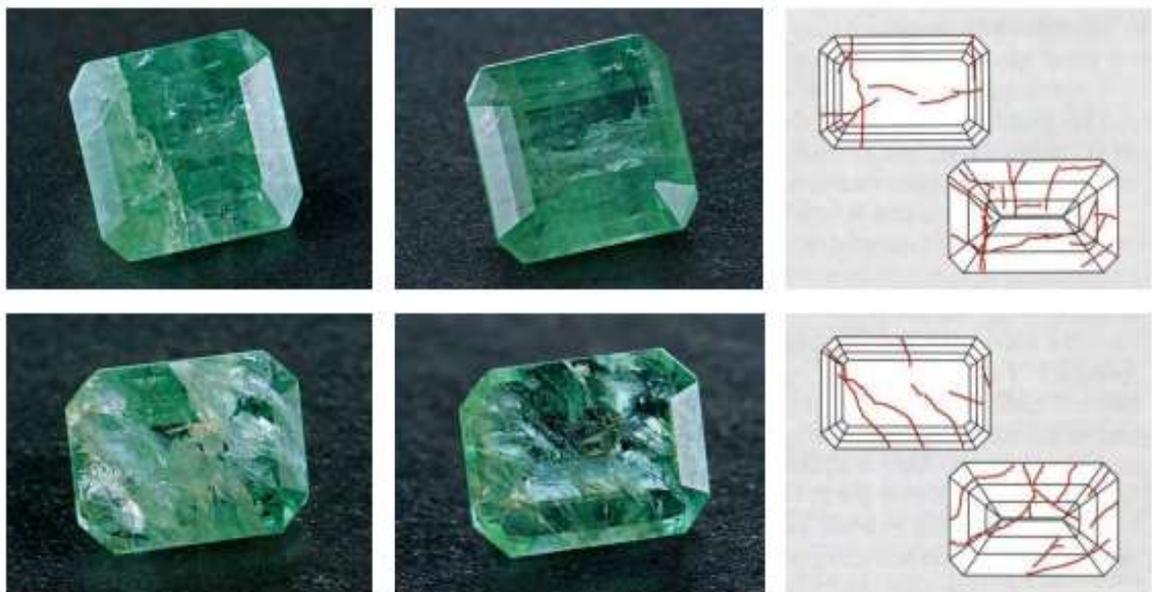
Abaixo, um exemplo retirado do site do GIA, que mostra a diferença de uma esmeralda antes e após o tratamento de preenchimento de fraturas (fotografias 3 e 4).

Fotografia 3 – Preenchimento de fratura por resina, cera e polímeros quando as discontinuidades atingem a superfície. À esquerda tem-se uma esmeralda sem tratamento e à direita o resultado após o tratamento.



Fonte: Weldon (2021)

Fotografia 4 – O preenchimento de fraturas pode causar uma mudança profunda na diáfaneidade e aparência da esmeralda. As duas esmeraldas foram severamente melhoradas quando se compara a gema antes (esquerda) e depois do tratamento (meio). O esquema à direita indica a distribuição das fraturas vistas pela mesa e pela coroa.



Fonte: MCCLURE et al. (1999)

1.3 IDENTIFICAÇÃO DE TRATAMENTO POR PREENCHIMENTO DE FRATURAS EM ESMERALDAS

Deve-se ressaltar que este trabalho tem como foco o aproveitamento e melhoramento de exemplares que normalmente não seriam comercializados para uso na alta joalheria, buscando sua melhoria, visando maior aproveitamento e o aumento do valor inicial da gema, respeitando, no entanto, a ética devida ao se comercializar um material melhorado, informando ao comprador de forma clara e específica os tratamentos e beneficiamentos aos quais o material foi submetido.

Existem vários métodos de identificação de tratamento de preenchimento de fraturas em esmeraldas (e não só) conhecidos que podem ser usados de acordo com a técnica e material usado no tratamento (Johnson et al. 1999). Segundo Anderson (1984), em seu livro *A Identificação das Gemas*, preenchimentos feitos com a utilização de óleos ou similares, podem ser facilmente identificados de algumas formas:

- a) Imergindo o material em análise em água contendo detergente e fazendo uma simples lavagem;
- b) Aquecendo levemente o material com uma luz incandescente, provocando a “transpiração” do óleo usado, tornado o tratamento facilmente visível a uma inspeção com a lupa;
- c) Em casos de utilização de óleos coloridos, a identificação pode ser feita através da aplicação sobre a superfície da gema, de mata borrão branco.

A identificação de tratamentos feitos com óleos, resinas artificiais e outros polímeros normalmente usados para tal fim (KAMMERLING et al., 1991), pode ser feita ao se observar o material ao microscópio.

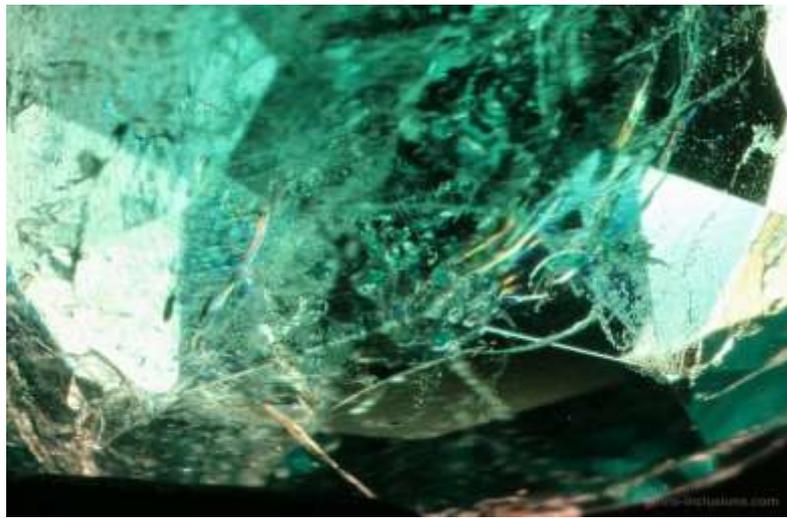
Observando a superfície da gema tratada, posicionando-a paralelamente ao ângulo de visão, pode-se notar variações de profundidade (parecendo “fios de cabelo” ou depressões na superfície), denunciando assim os pontos de entrada do material usado para o preenchimento.

Usando iluminação em campo escuro o preenchimento apresentará coloração amarelo alaranjado com *flashes* de dispersão de coloração azul (Fotografia 5) e com a utilização de luz difusa transmitida, se observam variações de cor verde nas fraturas preenchidas no caso de uso de substâncias coloridas.

Ainda no mesmo estudo, Kammerling et al. (1991) identificaram que a resina Opticon apresenta fluorescência de fraca a moderada à radiação ultravioleta de ondas longas de coloração branca a branca azulada (Fotografia 6), além da presença de inclusões fluida monofásicas do tipo gasosa ao longo da fratura preenchida.

Muitos outros métodos, mais avançados de identificação poderiam ser citados neste trabalho, mas devido aos custos dos equipamentos e, portanto, a dificuldade de aquisição pela grande parte dos gemólogos, decidiu-se por não aprofundar neste assunto.

Fotografia 5 – Efeito *flash* laranja e azulado em esmeralda colombiana tratada por preenchimento de fratura com resina artificial.



Fonte: Gravilenko (2014-2020)

Fotografia 6 – Preenchimento de fratura com óleo/resina incolor sendo possível observar inclusões fluidas monofásicas gasosas. a) Condições de iluminação: Campo escuro. Campo de visão 4 mm. b) Campo escuro sob iluminação de lâmpada UV de ondas longas, facilitando a visualização do tratamento, revelado ao longo de toda a fratura.



Fonte: Hughes (2020)

2 OBJETIVOS

O objetivo principal deste trabalho é analisar a possível melhoria na qualidade da esmeralda a partir de tratamento por preenchimento de fraturas com resina Opticon com a utilização de uma câmara de vácuo.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Avaliar o efeito do preenchimento de fraturas a vácuo por resina Opticon colorida e a sua influência na aparência e preço final da esmeralda.

Caracterizar visualmente os efeitos ópticos do preenchimento das fraturas por resina Opticon.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1 OBTENÇÃO E QUALIDADE DAS AMOSTRAS

Visando a obtenção de parâmetros tangíveis que permitam avaliar a metodologia proposta neste Trabalho de Conclusão de Curso e os resultados obtidos, levou-se em conta os registros fotográficos realizados antes e após o tratamento para exemplificar o processo, mas considerou-se, principalmente, o preço de compra dos lotes, valor este atribuído pelo vendedor, que vivencia na prática o comércio de gemas e o valor de venda, que será atribuído pela avaliação final seguida de precificação.

O lote de esmeralda foi adquirido de um conhecido comerciante capixaba e não tem origem geográfica definida. Devido ao seu baixo valor se tornaria mais oneroso determinar a origem das gemas que o próprio valor pago por elas.

As amostras já apresentavam tratamento por preenchimento de fratura, que não foi informado no momento da venda, devendo neste caso salientar que a maioria dos comerciantes de esmeraldas, não informa tal tratamento, pois o consideram erroneamente subentendido para exemplares de baixo valor comercial.

Para o mercado regional de Minas Gerais e Espírito Santo, exemplares de baixo valor comercial são negociados com preços variando até 300 US\$/ct (informação obtida pelo autor durante a Feira Internacional de Pedras Preciosas, FIPP 2018).

O lote adquirido em 2018 é composto por 26 gemas, com peso médio de 3,78 ct, pesando no total 98,5 ct e foi adquirido por um valor de R\$ 650,00, com o custo médio de R\$ 6,64/ct. Como pode-se intuir pelo preço de aquisição (fotografias 7 e 8), trata-se neste caso específico de exemplares de baixa qualidade escolhidos desta forma em função do preço, sem se ater ao tipo de lapidação, ou calibração, visando verificar a real possibilidade de aplicação do método em um lote altamente diversificado que varia em tamanho, lapidação, diáfaneidade e quantidade de fraturas, o que é muito comum na comercialização deste tipo de material de baixo valor. A qualidade da lapidação é considerada de média a fraca até mesmo pelo preço e qualidade do material adquirido.

Para facilitar a comparação de resultados, o tratamento foi repetido com seis chapas produzidas de material recebido em doação e originado de Santa Terezinha de Goiás. Este material é o descarte resultante do processo de formação durante a lapidação. Como possui dimensões

aproximadas possibilitou repetições e comparações sobre a efetividade do método de tratamento.

Fotografia 7 – Lote com 26 esmeraldas sob iluminação direta de led branco.



Fonte: Próprio autor.

Fotografia 8 – Lote com 26 esmeraldas sob iluminação direta em luz natural



Fonte: Próprio autor.

3.2 CARACTERIZAÇÃO DO TRATAMENTO

Iniciando o tratamento do material em estudo, foi realizada a limpeza para a remoção de tratamentos anteriores e se possível a remoção de inclusões, objetivando melhorar a cor e a pureza. O procedimento inicial foi a imersão das amostras em álcool 99% por cerca de 24 h (Fotografias 9 e 10) e em seguida acetona por outras 24 h, visando remover resinas ou óleos previamente aplicados.

Fotografia 9 – Lote de esmeralda lapidada imersa em álcool 99% com o objetivo de remover tratamentos anteriormente aplicados (foto com iluminação direta de led branco)



Fonte: Próprio autor.

Fotografia 10 – Lote de chapas de esmeralda imerso em álcool 99% com o objetivo de remover tratamentos anteriormente aplicados (foto com iluminação direta de led branco).



Fonte: Próprio autor.

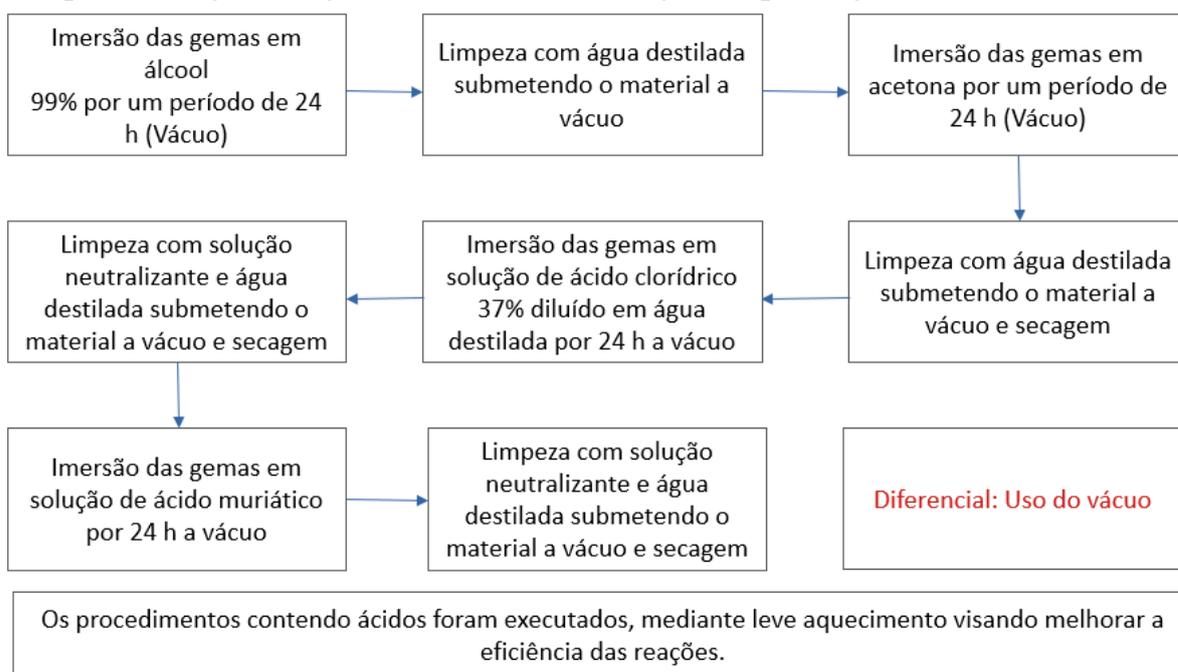
Após este procedimento o material foi retirado, seco ao ar livre, colocado em água destilada por 48 h e seco novamente. O estabelecimento do prazo de imersão no álcool ou acetona foi empírico e considerou uma inspeção visual buscando a remoção máxima de tratamentos anteriores.

A segunda etapa da limpeza das gemas lapidadas foi realizada utilizando ácido clorídrico 37%, diluído em água destilada numa proporção de 50% de ácido clorídrico para 50% de água destilada sendo utilizados posteriormente outros líquidos para limpeza, como ácido muriático e ácido oxálico, todos eles aquecidos levemente para aumentar a sua eficácia.

Neste procedimento as gemas foram deixadas imersas por 24 h. Posteriormente as gemas foram lavadas em água para neutralizar a ação dos ácidos, colocadas para secar, novamente imersas em água destilada e secas finalmente.

Todos estes procedimentos foram feitos com utilização de câmara a vácuo, visando a maior penetração das soluções utilizadas para a remoção da maior quantidade possível de resinas e inclusões presentes. Não foi possível a obtenção de fotos dos lotes no interior da câmara a vácuo, devido à falta de transparência de sua tampa. Esta etapa é um diferencial deste trabalho, pois não é comum o uso da câmara de vácuo no tratamento de esmeralda (Fluxograma 1).

Fluxograma 1 – Sequência de procedimentos adotados na limpeza das gemas lapidadas

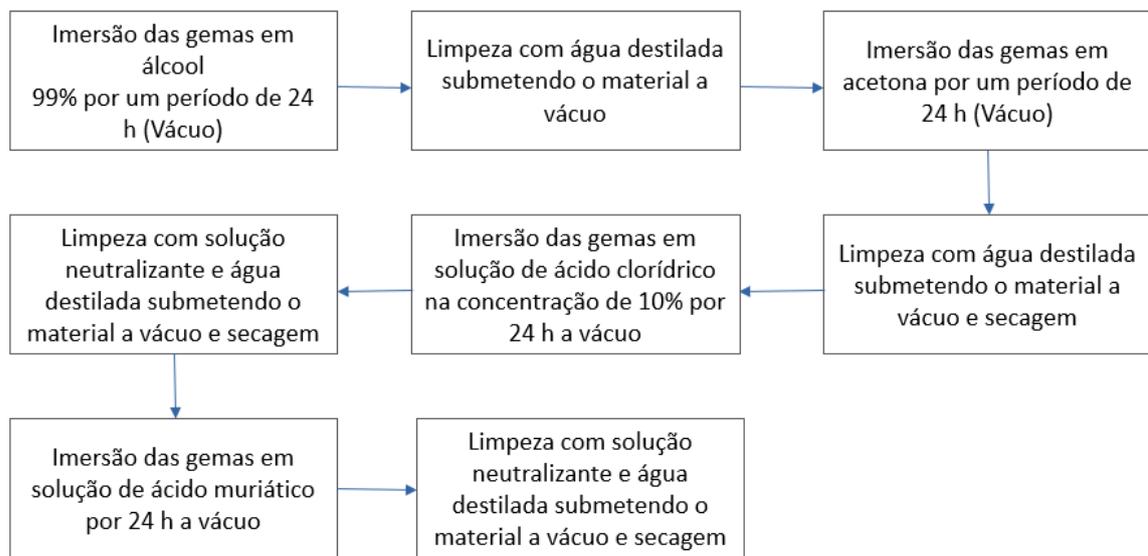


Fonte: Próprio autor.

A segunda etapa de limpeza do lote de chapas se deu através do uso de ácido clorídrico na concentração de 10% e ácido muriático na concentração de 5%, mantidas as outras etapas executadas para a limpeza do lote de gemas, excetuando o aquecimento.

A redução da concentração dos ácidos e ausência de aquecimento das chapas se justifica pela fragilidade do material em estudo, visando preservá-los de possíveis rupturas devido à dilatação térmica ou enfraquecimento estrutural de um ataque agressivo por ácidos.

Fluxograma 2 – Sequência de procedimentos adotados na limpeza das chapas



Fonte: Próprio autor.

Após essa primeira etapa, os lotes de material lapidado e de chapas, foram imersos em resina, aquecidos lentamente com a utilização de luz incandescente de 100 W, para reduzir a viscosidade da resina Opticon 224 e ao mesmo tempo provocar a dilatação das fraturas e facilitar uma maior penetração e um melhor resultado do tratamento.

Uma vez aquecido, o material foi submetido a vácuo, o que provocou o escape de gases das fraturas que se assemelhou a uma efervescência (mas não foi uma efervescência verdadeira porque não envolveu reações químicas), sendo que este procedimento foi repetido por três vezes por um período de 20 min aproximadamente, até que tal efeito não se apresentasse mais, o que indicaria a maior penetração possível para as condições de operação deste tratamento e para a viscosidade da resina utilizada.

Findo o processo de impregnação do material, as gemas foram retiradas da câmara de vácuo, limpas com papel toalha e submetidas a algumas gotas do endurecedor para criar uma parte sólida na superfície da gema, o que torna mais duradouro o tratamento.

3.3 PROCESSO DE CLASSIFICAÇÃO E PRECIFICAÇÃO

Para a classificação da esmeralda, foi utilizada a metodologia proposta no Boletim Referencial de Preços de Diamantes e Gemas de Cor (IBGM, 2009) que estabelece como critérios para a classificação de uma gema de cor lapidada, quatro fatores, sendo estes:

- a) o peso expresso em quilates (ct);
- b) a cor que é considerado o fator de maior importância na classificação das gemas de cor correspondendo a 50% da nota atribuída à gema e leva em consideração o matiz (cor ou combinação de cores como verde e verde amarelado), a tonalidade (sensação de claro e escuro) e a saturação (posição entre o vívido e sem vida), além de ser observados possíveis pontos de extinção, zonamentos de cor e uniformidade;
- c) a pureza que é considerado o segundo fator mais importante na avaliação da gema, sendo estas divididas em três grupos segundo a frequência em que o mineral é encontrado puro ou sem inclusões (Quadro 4)
- d) e a lapidação ou acabamento, considerado o fator de menor peso devendo-se ressaltar que a lapidação e seu devido e acurado planejamento, causam grande diferença no produto final a ser comercializado, influenciando em vários fatores da gema, tais como o brilho, cor e a simetria.

Em uma boa lapidação a gema apresenta, o contorno bem balanceado, proporção entre comprimento e largura, perfil bem equilibrado, porcentagem da altura total que não deve ultrapassar 65%, altura da coroa (1/4 a 1/3 deve estar acima do rondiz enquanto 2/3 a 3/4 devem estar abaixo), tamanho da mesa e polimento adequado.

Quadro 4 – Variação dos graus de pureza dos Grupos I, II, III.

Grupo I:	Gemas que freqüentemente são encontradas puras (sem inclusões). Exemplos: água-marinha, turmalina verde e topázio
Grupo II :	Gemas que normalmente apresentam pequenas inclusões ou imperfeições internas. Exemplos: safira, rubi, granada e alexandrita.
Grupo III :	Gemas que raramente são encontradas puras ou sem imperfeições internas. Exemplos: rubelita e esmeralda

Fonte: IBGM (2009)

Vale salientar que cada diagrama de lapidação possui referências ao comprimento, largura, altura e ângulos específicos calculados com base no índice de refração da gema que devem ser respeitados visando alcançar o melhor resultado.

Os Quadros 5, 6 e 7 mostram a classificação de gemas coradas lapidadas com notas que variam do 8 a 6 para gemas classificadas como Boa ou Primeira, 6 a 4 para gemas Média ou de Segunda e 4 a 1 consideradas de Terceira ou Fracas (IBGM, 2009).

Quadro 5 – Características das gemas coradas classificadas como sendo Boa ou Primeira (notas 8 a 6).

BOA OU PRIMEIRA (notas de 6 a 8):	
Quanto à cor:	Matiz puro com algum desvio de tonalidade, de mais intenso para mais claro (manchas). Brilho intenso.
Quanto à pureza:	Gemas do Grupo I: Minúsculas inclusões dificilmente visíveis a olho nu e aparentes com lupa de 10x. Gemas do Grupo II: Inclusões facilmente visíveis a olho nu, bastante aparentes com lupa de 10x. Gemas do Grupo III: Inclusões bastante aparentes a olho nu.
Quanto à lapidação:	Pequenas variações nas proporções, nas linhas de simetria (rondizio) e pequena janela na mesa quando vista pela coroa.

Fonte: IBGM (2009)

Quadro 6 – Características das gemas coradas classificadas como sendo Segunda ou Média (notas 6 a 4).

SEGUNDA OU MÉDIA (notas de 4 a 6):	
Quanto à cor:	Clara ou escura. Pouca saturação ou saturação em excesso.
Quanto à pureza:	Gemas do Grupo I: Inclusões visíveis a olho nu, facilmente visíveis com lupa de 10x. Gemas do Grupo II: Inclusões facilmente vistas a olho nu. Gemas do Grupo III: Inclusões acentuadas vistas a olho nu.
Quanto à lapidação:	Variações de simetria, com proporções distantes do ideal. Polimento regular.

Fonte: IBGM (2009)

Quadro 7: Características das gemas coradas classificadas como sendo Terceira ou Fraca (notas 4 a 1)

TERCEIRA OU FRACA (notas de 1 a 4):	
Quanto à cor:	Muito clara ou muito escura. Pouquíssima saturação ou em excesso (quase incolor ou quase preta).
Quanto à pureza:	Gemas do Grupo I: Inclusões visíveis a olho nu, acentuadas quando vistas com lupa de 10x. Gemas do Grupo II: Inclusões acentuadas quando vistas a olho nu. Gemas do Grupo III: Muitas inclusões vistas a olho nu, afetando a transparência da gema.
Quanto à lapidação:	Grandes variações de simetria, com proporções muito distantes do ideal. Polimento fraco.

Fonte: IBGM (2009)

4 DESENVOLVIMENTO

4.1 TRATAMENTO DAS CHAPAS

O lote de chapas, se mostrou bastante heterogêneo quanto à forma, espessura, diafaneidade, quantidade de fraturas e inclusões a serem removidas. Tal lote apresentava coloração verde com leve tonalidade de amarelo, matiz e saturação boas, sendo que uma das amostras apresentava forte zonamento de cor devido a alterações nas condições de formação, possuindo neste caso sua parte central notadamente mais clara e menos diáfana que sua parte externa.

Inclusões sólidas são notadas visualmente sendo estas, constituídas principalmente por resíduos do processo de formação das chapas e inclusões sólidas de coloração escura, tratando-se provavelmente de flogopita ou biotita, pois o material é originário de Santa Terezinha de Goiás.

Vale ressaltar que estudos mais aprofundados voltados à caracterização e identificação das inclusões presentes nas amostras foram inviabilizados devido à dificuldade de acesso aos laboratórios do Departamento de Gemologia, por causa da pandemia pela qual passamos (Fotografia 11).

Fotografia 11 – Chapas de esmeralda após o processo de lapidação sem nenhum tratamento ou limpeza prévios (foto com iluminação direta de led branco, com aumento de 3,5x).



Fonte: Próprio autor

Após a limpeza algumas amostras apresentaram coloração mais esbranquiçada, uma redução significativa, mas não satisfatória das inclusões, aumento pontual da diafanidade com redução dos tons amarelados em pontos específicos e uma percepção maior das fraturas existentes (Fotografia 12).

Fotografia 12 – Chapas de esmeralda após o processo de limpeza (foto com iluminação direta de led branco, com aumento de 3,5x).



Fonte: Próprio autor

Seguindo o tratamento, após a administração da resina, de modo geral, houve um significativo preenchimento das fraturas, mesmo que não completamente, apresentando ainda a olho nu, um leve avivamento na tonalidade esverdeada, redução da visibilidade das fraturas existentes, aumento da diafanidade no geral, mas mostrando-se muito expressivo em pontos isolados.

Na fotografia 13 é importante observar que na primeira amostra, localizada na parte superior esquerda da foto, a esmeralda manteve seu zonamento de cor o que seria um indício de que o tratamento feito com uso de resina colorida, não provocaria seu tingimento.

Fotografia 13 – Chapas de esmeralda após o processo de preenchimento das fraturas por resina Opticon (foto com iluminação direta de led branco, com aumento de 3,5x).



Fonte: Próprio autor

Buscando facilitar a comparação e avaliação do procedimento, as três etapas do processo de tratamento foram colocadas lado a lado (fotografia 14).

Visualmente é possível observar uma melhoria, mas esta melhoria não é uniforme, variando entre as amostras e até mesmo dentro de uma mesma amostra que pode apresentar setores mais sensíveis ao tratamento e outros com menor influência.

Fotografia 14 – Comparação entre a qualidade das chapas de esmeralda antes (esquerda), durante (meio) e após (direita) o preenchimento das fraturas por resina (fotos com iluminação direta de led branco, com aumento de 3,5x).



Fonte: Próprio autor.

4.2 TRATAMENTO DAS GEMAS LAPIDADAS

Se por um lado o tratamento das chapas de esmeralda deu maior percepção da eficácia do processo de forma visual, por outro lado, o tratamento das gemas lapidadas pode mostrar se o tratamento agrega valor ao produto. Para tanto foram realizadas duas avaliações, juntamente com o somatório dos gastos envolvidos no processo indicando, ao final, o valor agregado e os custos de insumos envolvidos.

Como mostrado anteriormente, este lote é bastante heterogêneo, mas em uma avaliação geral pode ser descrito como tendo cor verde amarelado, apresentando grandes inclusões visíveis a olho nu, manchas marrons que poderiam indicar tratamentos antigos por preenchimento de fraturas, lapidações variadas com pouca proporcionalidade, diafaneidade translúcida, além de defeitos na lapidação.

Como o foco deste trabalho está na melhoria da cor, diafaneidade e pureza das gemas o lote foi avaliado atribuindo à cor um peso de 50%, à pureza 30% e à lapidação 20% da nota final (Tabela 1).

Tabela 1 – Avaliação do lote de 26 esmeraldas antes de qualquer tratamento de acordo com os critérios do IBGM (2009)

Fator	Nota/peso	Valoração
Cor	2,0 (50%)	1,5
Pureza	2,0 (30%)	0,6
Lapidação	3,5 (20%)	0,7
Nota final		2,8

Fonte: Próprio autor

O processo de limpeza confirmou a existência de tratamento prévio (Fotografias 15), pois algumas amostras apresentaram coloração mais esbranquiçada, uma redução significativa e relativamente satisfatória das inclusões presentes, diminuição da diafanidade em algumas regiões específicas com redução pontual dos tons amarelados e uma percepção maior das fraturas existentes, que são grandes em alguns exemplares.

Seguindo o tratamento, após o processo de adição da resina de modo geral houve um significativo preenchimento das fraturas, mesmo que não completamente.

Vale destacar que houve uma maior melhoria e eficiência do tratamento em exemplares com menor quantidade de fraturas e de menores dimensões, devendo observar que algumas destas descontinuidades ainda se apresentavam visíveis a olho nu.

Fotografia 15 – Composição com o lote de 26 esmeraldas lapidadas utilizadas neste experimento após a limpeza (fotos com iluminação direta de led branco).



Fonte: Próprio autor

Ocorreu um leve avivamento na tonalidade esverdeada, redução da visibilidade das fraturas existentes, aumento da diáfaneidade no geral, mas mostrando-se muito expressivos em exemplares específicos (Fotografia 16).

Fotografia 16 – Lote de esmeralda após tratamento de limpeza e preenchimento de fraturas (foto com iluminação direta natural).



Fonte: Próprio autor

Quanto aos gastos envolvidos no processo, foram elencados somente aqueles relativos aos insumos diretos para a realização do tratamento, visto que custos como o de equipamentos deveriam ser alocados na depreciação no contexto de empresa prestadora deste tipo de serviço, calculando assim o volume de material tratado em relação ao período estimado de substituição dos equipamentos, que não é o objetivo deste estudo. A tabela 2 apresenta os custos envolvidos no processo.

Tabela 2 – Valores dos insumos usados no tratamento, desconsiderando custos fixos, depreciações, mão de obra e outros cabíveis no caso de processos produtivos.

Insumo	Valor (R\$)	Unidade de Medida	Gasto (R\$)
Opticon NO.224	1.694,91	litro	3,40
Álcool Etílico 99,3%	22,60	litro	1,13
Acetona P. A.	45,10	litro	2,26
Água Destilada	12,00	litro	1,20
Ácido Clorídrico 37%	50,00	litro	2,50
Ácido Sulfúrico P.A	84,35	litro	4,22
Ácido Oxálico	21,28	kg	1,10
Energia	1,14	kW/h	8,57
Total			24,38

Fonte: Próprio autor

Demais gastos envolvidos e que podem ser levados em consideração, somente a título de informação são o valor da bomba a vácuo, que custa aproximadamente R\$ 1.400,00 e o valor estimado da câmara a vácuo adquirida e modificada pelo autor, com custo aproximado de R\$ 750,00.

Visando verificar se houve real melhoramento do lote em estudo, foi realizada a avaliação e seguindo os mesmos padrões da avaliação feita anteriormente com o lote sem o tratamento (Tabela 3). Para facilitar a comparação, as imagens do lote antes e após o tratamento são dispostas lado a lado (Fotografia 17).

Fotografia 17 – Lote com as 26 esmeraldas antes da limpeza (esquerda) e depois do preenchimento das fraturas com resina (direita) (fotos sob iluminação natural).



Fonte: Próprio autor

Tabela 3 – Avaliação do lote de 26 esmeraldas após o tratamento de acordo com os critérios do IBGM (2009).

Fator	Nota/peso	Valoração
Cor	4,0 (50%)	2,0
Pureza	2,5 (30%)	0,75
Lapidação	3,0 (20%)	0,6
Nota final		3,35

Fonte: Próprio autor

5 DISCUSSÃO

A avaliação do lote de 26 esmeraldas após o tratamento de preenchimento, mostra um aumento da nota geral, de 2,8 para 3,35, que em termos percentuais corresponderia a um incremento na nota de cerca de 20%.

Obviamente não existe a pretensão de transformar gemas de baixo valor comercial em gemas de excelente qualidade, altamente apreciadas pelo mercado, mas sim de verificar se este tratamento seria válido no sentido de agregar valor ao produto.

O incremento na nota se justifica pela redução da presença de inclusões sólidas, bem como no aumento na diafaneidade, particularmente em gemas que após a limpeza, apresentavam menor quantidade de fraturas.

Sendo mais específico, houve um incremento de 3,00 para 4,00 no quesito cor justificado pelo aumento da diafaneidade que trouxe consigo uma leve diminuição na tonalidade do verde e em alguns casos a uma maior homogeneidade da cor de alguns exemplares causados pela ocupação dos vazios existentes pela resina adotada neste estudo, possibilitando menor influência destas nos fenômenos de refração e reflexão permitindo que a luz percorra as gemas conforme previsto por cada lapidação e respectivo índice de refração da esmeralda (McCLURE et al. 1999; HUGHES 2021; WELDON, 2021).

No quesito pureza houve um incremento da nota de 2,00 para 2,5, causado pela redução de inclusões epigenéticas e redução parcial da percepção de fraturas, enquanto no quesito lapidação ocorreu um decréscimo, tendo a nota variando de 3,5 para 3,0 devido a rupturas ocorridas nas bordas, possivelmente causadas pela dilatação do material durante o aquecimento ou então devido a remoção de inclusões, como sugerido por Kammerling et al. (1991).

Após a avaliação do lote de esmeralda lapidada de acordo com a metodologia do IBGM (2009) após o tratamento foi usado na precificação a tabela de referência do próprio Boletim Referencial de Preços de 2009 (Tabela 4). Para ampliar o escopo das comparações também foi usada a tabela de referência do The Gem Guide (2021) obtendo-se assim um referencial de preços praticados pelo mercado nacional bem como no internacional (Tabela 5).

A precificação foi feita considerando o peso médio do lote medido em quilates (ct) que corresponde a 3,33 ct, desconsiderando para a obtenção desta média, uma gema de lapidação quadrada que pesa 15,34 ct por se tratar de um valor fora da média em relação aos outros exemplares estudados.

Tabela 4 – Precificação de esmeraldas lapidadas de origem indeterminada pelo Boletim Referencial de Preços.

ESMERALDA - PROCEDENCIA GENÉRICA – PREENCHIMENTO POUCO A MODERADO				
	Fraca (Terceira)		Média (Segunda)	
	2 – 3	3 – 4	4 – 5	5 – 6
de 0,50 a 1 ct	15 – 50	50 – 100	100 – 300	300 – 450
1 a 2 ct	20 – 60	60 – 150	150 – 350	350 – 700
2 a 3 ct	30 – 100	100 – 300	300 – 500	500 – 1000
3 a 4 ct	40 – 150	150 – 400	400 – 900	900 – 1300
4 a 5 ct	60 – 170	175 – 500	500 – 1100	1100 – 1700
5 a 6 ct	80 – 200	200 – 700	700 – 1500	1500 – 2500
6 a 8 ct	90 – 300	300 – 900	900 – 2000	2000 – 3000
8 a 10 ct	100 – 450	450 – 1500	1500 – 2500	2500 – 4000
10 a 20 ct	200 – 700	700 – 2000	2000 – 3500	3500 – 5500

Fonte: IBGM (2009)

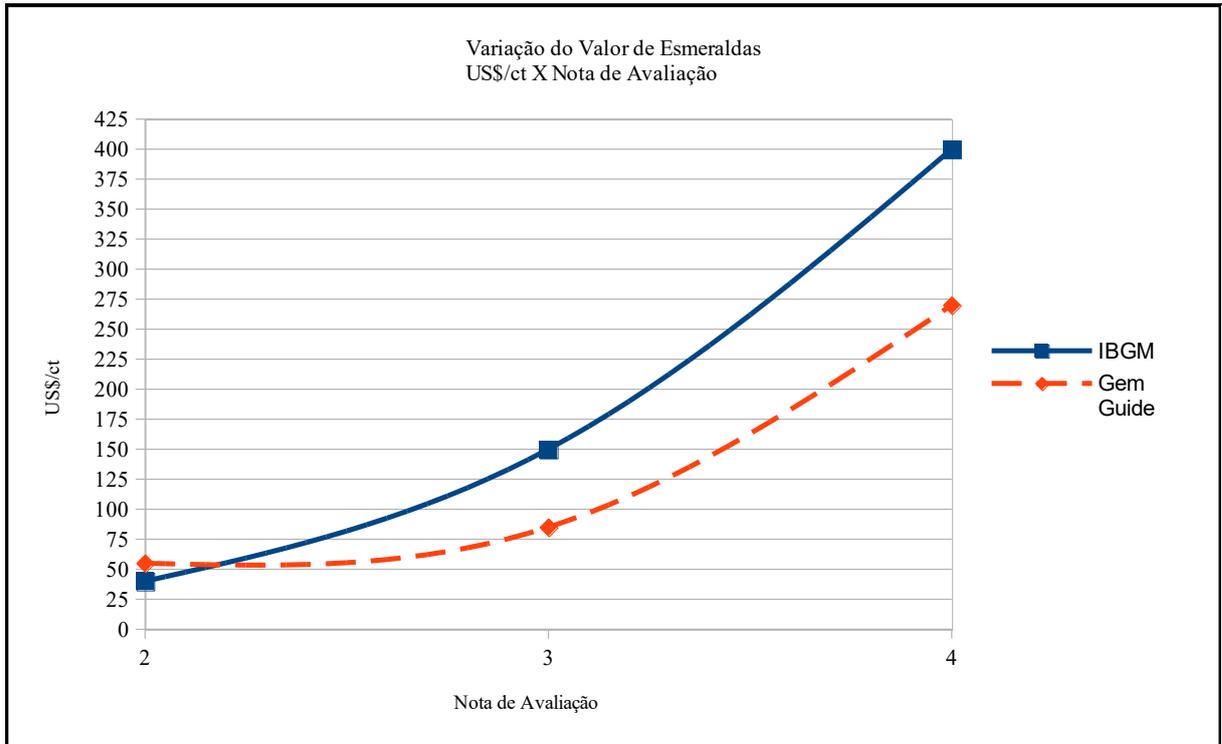
Tabela 5 – Precificação de esmeraldas de origem indeterminada pelo The Gem Guide.

BERYL-EMERALD (NON-ORIGIN SPECIFIC)										
	COMMERCIAL				GOOD		FINE		EXTRA FINE	
	VERY LOW 1	LOWER 2	MIDDLE 3	UPPER 4	LOWER 5	UPPER 6	LOWER 7	UPPER 8	LOWER 9	UPPER 10
.02-.09 ct.	10-20	20-25	30-45	50-70	75-95	100-200	225-350	350-600	625-900	825-1,000
.10-.24 ct.	15-25	25-35	40-90	100-135	150-225	250-400	425-750	775-900	900-1,150	1,175-1,325
.25-.49 ct.	25-35	35-50	55-100	120-200	200-300	300-450	500-800	835-1,050	1,150-1,400	1,425-2,300
.50-.99 ct.	25-40	40-55	65-110	125-210	220-300	350-550	550-1,000	1,000-2,000	2,000-2,500	2,500-3,500
1.00-1.99 ct.	30-45	45-55	55-135	135-300	300-600	600-1,425	1,420-3,250	3,250-4,500	4,500-5,500	5,500-7,200
2.00-2.99 ct.	30-50	50-75	75-165	165-450	450-1,000	1,000-2,000	2,200-3,650	3,850-5,000	5,000-6,000	6,000-8,250
3.00-3.99 ct.	35-55	55-85	85-270	270-650	650-1,050	1,050-2,300	2,750-4,500	4,500-5,500	5,500-6,750	6,750-8,500
4.00-4.99 ct.	40-70	70-100	100-375	375-800	800-1,350	1,350-2,700	3,000-4,750	4,750-6,000	6,000-7,250	7,250-9,900
5.00-7.99 ct.	50-80	80-110	110-400	400-850	850-1,500	1,500-3,200	3,200-5,500	5,500-6,350	6,350-8,000	8,000-9,700
8.00-9.99 ct.	60-90	90-140	140-480	480-900	900-1,800	1,800-3,500	3,500-7,000	7,000-7,750	7,750-9,500	9,500-11,250
10.00-14.99 ct.	70-100	100-165	165-560	560-1,000	1,000-2,000	2,000-4,500	4,500-7,500	7,500-9,000	9,000-10,000	10,000-13,000

Fonte: The Gem Guide (2021)

Considerando o peso médio de 3,33 ct, avaliação inicial de 2,8 e final de 3,35, o valor a melhoria alcançada, foi calculado com auxílio do gráfico 1, visto que a valorização do material não é linear e representada na tabela 6 abaixo para facilitar a avaliação do leitor.

Gráfico 1: Variação do valor da esmeralda de origem desconhecida, em função de seu peso em quilates e da nota de avaliação.



Fonte: IBGM 2009 / The Gem Guide (2021). Próprio autor.

O aumento do valor da gema não é linear nos boletins referenciais ocorrendo, geralmente, um aumento exponencial (IBGM, 2009; GEMGUIDE 2021), o que pode ser verificado parcialmente na Tabela 6. A atribuição do valor final a uma determinada gema envolve diversos outros aspectos relacionados ao ambiente da negociação e aos atores envolvidos. Dessa forma, a avaliação como apresentada neste Trabalho de Conclusão de Curso não é plenamente adequada, pois ela deveria ser realizada individualmente considerando cada gema.

Mas, por outro lado, quando se trata de lotes de material de baixo valor, como o aqui testado, a negociação tende a ser realizada com o lote inteiro com gemas de qualidade um pouco superior compensando as deficiências daquele material com maiores problemas.

Tabela 6 – Comparação de preços das esmeraldas em estudo antes e após o tratamento

Tabela Referência	Valor Nota 2 US\$/ct	Valor Nota 3 US\$/ct	Valor Nota 4 US\$/ct	Valor Inicial US\$/ct	Valor Final US\$/ct
IBGM 2009	40	150	400	130	210
Gem Guide (2021)	55	85	270	75	125

Fonte: IBGM (2009); The Gem Guide (2021); produzido pelo autor.

Diante destes resultados, podemos dizer que o tratamento surtiu efeitos positivos no que se refere à melhoria do lote e possivelmente viável, se executado comercialmente o que permite a diluição dos custos com equipamentos, depreciação, de insumos entre outros.

Importante salientar que mesmo havendo um incremento de valor, com as notas passando de 2,8 para 3,35 os valores acima retratados relativos aos preços dos boletins referencias praticados no mercado não correspondem à realidade do dia a dia dos comerciantes e joalheiros que precificariam tais gemas com valores inferiores aos encontrados nas tabelas.

Portanto, os resultados aqui apresentados indicam uma melhoria de 20% no lote após o tratamento, mas os valores a ele atribuído devem ser analisados com toda a precaução e reservas, pois não condizem com o praticado no comércio local, que precificaria este lote com valores inferiores, principalmente por se tratar de materiais de qualidade inferior e de maior disponibilidade no comércio de gemas mais baratas.

O material aqui tratado se destina a um público de menor poder aquisitivo que deseja possuir uma joia contendo uma esmeralda natural, mas tratada, o que reduz significativamente seu valor. Isso, entretanto, permite que um público muito maior tenha acesso a uma gema icônica e altamente desejada. Óbvio apontar que toda a comercialização deve ser realizada de forma ética, identificando e informando claramente o consumidor final os tratamentos pelos quais o material foi submetido.

Importante abordar o fato que maiores melhorias poderiam ser alcançadas. Após a aplicação da resina, Kammerling et al. (1991), sugerem uma nova lapidação do material para a redução da percepção do tratamento, que neste estágio pode ser observado facilmente com o uso da lupa de mão. Também pode ser o caso de submeter o material a uma nova aplicação de resina para

preencher possíveis lacunas ainda existentes e realizar uma nova lapidação. Estes procedimentos não foram utilizados, aqui neste trabalho, devido à dificuldade de se encontrar mão de obra capacitada para lapidar materiais já tratados, visto que este não pode ser exposto a fogo ou elevado aquecimento, e pelo baixo valor das esmeraldas que não compensaria este investimento.

Os resultados aqui apresentados indicam que o preenchimento de fraturas em esmeralda com o auxílio de uma bomba de vácuo se mostrou eficiente e traz melhorias à qualidade das gemas que podem acarretar uma valorização expressiva do material de baixa qualidade. O tratamento é de baixo custo e de fácil operacionalidade. Entretanto, são requeridos estudos complementares que tenham como foco principal a comparação do tratamento da esmeralda feito com o uso da câmara de vácuo e sem o emprego da câmara de vácuo. Com isso será possível avaliar se as mudanças metodológicas trazem uma maior melhoria na qualidade das gemas e um maior retorno financeiro.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O tratamento por preenchimento de fraturas com a utilização de resina Opticon colorida se demonstrou viável, justificado pelo aumento da diafanidade, redução de inclusões epigenéticas, redução da percepção de fraturas e maior uniformidade da cor.

Tais melhorias se devem ao preenchimento das fraturas existentes no material, com resina que possui índice de refração próximo ao do material em tratamento, o que permite um comportamento mais uniforme da luz no interior da gema, tornando mais eficientes, os fenômenos de refração e reflexão no interior das gemas, produzindo um melhor comportamento da luz e seu retorno através da mesa, sendo este o ideal que se busca alcançar. Foi possível observar que os efeitos do tratamento foram mais significativos nas gemas de menor tamanho e com menor quantidade de fraturas.

Outro ponto importante é que este tratamento envolve baixos custos de insumos, o que não garante, entretanto, a sua viabilidade econômica, devendo neste caso ser feito um estudo específico para a comprovação dos procedimentos com e sem o uso da câmara de vácuo. Caso a utilização da câmara de vácuo se mostre mais eficiente, no âmbito de uma empresa prestadora deste tipo de serviço, poderia aumentar o aproveitamento das esmeraldas de baixa qualidade, submetendo-as a novos nichos de mercado.

REFERÊNCIAS

- ANDERSON, B. William. **A identificação das gemas**. Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico, 1984. 460 p.
- BRANCO, Pércio de Moraes. **Dicionário de mineralogia e gemologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 608 p.
- CHRISTIE'S. **Love is an emerald: 10 historic emerald jewels sold at Christie's**. 2020. Disponível em: <https://www.christies.com/features/10-historic-emeralds-sold-at-Christies-10055-1.aspx>. Acesso em: 16 jul. 2021
- CORNEJO, Carlos; BARTORELLI, Andrea. **Minerais e pedras preciosas do Brasil**. São Paulo: Solaris Edições Culturais, 2014. 712 p
- FAVACHO, Maurício et al. **Tratamento em gemas**. In: CASTAÑEDA, Cristiane et al. **Gemas de Minas Gerais**. Belo Horizonte, Sociedade Brasileira de Geologia, 2001. p. 5-73.
- GAVRILENKO, Egor. **Inclusions in emerald**. 2014-2020. Disponível em: <https://www.gems-inclusions.com/inclusions-photo-gallery/by-host-mineral/inclusions-in-emerald/nggallery/page/2>. Acesso em: 26 jul. 2021
- GEM GUIDE. **Market driven independent pricing**. v. 40, n. 4, . 2021.
- GIA. Gemological Institute of America **Emerald history and lore**. Disponível em: <https://www.gia.edu/emerald-history-lore> Acesso em: 6 jul. 2021
- GIULIANI, Gaston et al. Emerald deposits: A review and enhanced classification. **Minerals**, v. 9, n. 2, p. 105, 2019.
- GÜBELIN, E. J.; KOIVULA, J. I. **Photoatlas of inclusions in gemstones**. Basel, Switzerland, Opinio Publishers, v. 3. 2008.
- HEWTON, M. L.; MARSHALL, D. D.; OOEST, L.; LOUGHREY, L. E.; CREASE, R. E. Colombian-style emerald mineralization in the northern Canadian Cordillera: integration into a regional Paleozoic fluid flow regime. **Canadian Journal Earth Science**, v. 50, p. 857-871, 2013.
- HUGHES, E. B. Long-Wave ultraviolet torches: A gemologist's new best friend. **Journal of the Gemmological Association of Hong Kong**, vol. 41, 2020. Disponível em: <http://www.lotusgemology.com/index.php/library/inclusion-gallery?filter%5Bgemtype%5D=Emerald&filter%5Borigin%5D=&filter%5Benhancement%5D=&filter%5Bsearch%5D=&start=0&layout=gallery#lg=1&slide=5>. Acesso em: 27 jul. 2021,
- IBGM. Instituto Brasileiro de Gemas e Metais Preciosos. **Boletim referencial de preços de diamantes e gemas de cor**. Brasília, Instituto Brasileiro de Gemas & Metais Preciosos, Departamento Nacional de Produção Mineral. 2009. 203 p.
- JOHNSON, Mary L.; ELEN, Shane; MUHLMEISTER, Sam. On the identification of various emerald filling substances. **Gems & Gemology**, v. 35, n. 2, p. 82-107, 1999.

KAMMERLING, Robert C. et al. Fracture filling of emeralds: Opticon and traditional “oils.”. **Gems & Gemology**, v. 27, n. 2, p. 70-85, 1991.

LEITE, A. **Esmeraldas: Os cuidados vistos pela gemologia**. Assessoria & Consultoria Gemológica. Disponível em: <http://www.gemsconsult.com.br/2019/04/09/esmeraldas-cuidados-vistos-gemologia/> Acesso em: 16 jul. 2021.

MCCLURE, Shane F. et al. Classifying emerald clarity enhancement at the GIA Gem Trade Laboratory. **Gems & Gemology**, v. 35, n. 4, p. 176-185, 1999.

PIGNATELLI, I.; GIULIANI, G.; OHNENSTETTER, D.; AFROSI, G.; MATHIEU, S.; MARLOT, C.; BRANQUET, Y. Colombian trapiche emerald: recent advances in understanding their formation. **Gems & Gemology**, v. 51, n. 3, p. 222-259, 2015.

SCHUMANN, Walter. **Gemas do mundo**. Disal Editora, 2006.

SCHWARZ, Dietmar. **Esmeraldas: inclusões em gemas**. Ouro Preto: Imprensa Universitária, 1987. 439 p.

SCHWARZ Dietmar.; GIULIANI, Gaston. Emerald deposits: A review. **Australian Gemmologist**, v. 21, p. 17-23, 2001.

SCHWARZ D.; SCHMETZER, K. The definition of emerald: the green variety of beryl colored by chromium and/or vanadium. In Emeralds of the World, **ExtraLapis: the Legendary green beryl**. Lapis International, LLC, east Hampton, CT, 2002, pp. 74-78.

WELDON, Robert. An introduction to gem treatments. **Gems & Gemology**. Disponível em: <https://www.gia.edu/gem-treatment>. Acesso em: 17 jun. 2021.