

DOSSIÊ TÉCNICO

Irradiação e tratamento de quartzos

Otávio Souza Rocha Liz

Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais
CETEC

novembro
2007

Sumário

1 INTRODUÇÃO	3
2. O QUARTZO	4
3. IRRADIAÇÃO DE GEMAS.....	8
3.1 Processo de irradiação	8
3.2 O espectro eletromagnético	10
3.3 Tipos de radiações	11
3.4 Centros de cor	13
3.5 A estabilidade dos centros de cor	14
3.6 Gemas radioativas.....	14
4 IRRADIAÇÃO DOS QUARTZOS	14
4.1 Avaliação da dose de radiação aplicada	15
4.2 Tratamento após a irradiação.....	16
CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	16
REFERÊNCIAS	17
ANEXOS.....	18
Anexo 1 – Termos gemológicos.....	18
Anexo 2 – CDTN e UNIT	18

Lista de figuras

Figura 1 – Cristal de rocha e ametista	3
Figura 2 – Citrino e Quartzo rosa	4
Figura 3 - Calcedônia e Ágata	4
Figura 4 – Crisoprásio e Cornalina	5
Figura 5 – Quartzo olho-de-tigre	6
Figura 6 – Quartzo green gold; quartzo oliva; berilo verde; turmalina rosa; fluorita verde; topázio azul; quartzo fume, berilo heliodoro	9
Figura 7 – Rubelita Hot Pink; Quartzo citrino; Quartzo conhaque; Ametista rose de france; Fluorita azul, Morganita rosa; Prasiolita; Fluorita Roxa; Kunzita	10
Figura 8 – Espectro eletromagnético, segundo Nassau (1983) (a) e Fritsch & Rossman (1987) (b). Aumentando a temperatura aumenta a energia e diminui o comprimento de onda da luz emitida. Legenda: sw é ultravioleta onda-curta (254 nm) e lw é ultravioleta onda-longa (366nm).	10
Figura 9 – Partículas energéticas usadas nos processos de irradiação	13
Figura 10 – Amostra de Prasiolita	16

Lista de tabelas

Tabela 1 – Raios e partículas usados para a Irradiação de Gemas	11
Tabela 2 – Comparações entre as diferentes formas de irradiação de gemas	12

Título

Irradiação e tratamento de quartzos

Assunto

Beneficiamento de quartzo

Resumo

Este dossiê apresenta algumas características relevantes da irradiação ou beneficiamento de quartzos para joalheria.

O objetivo é fornecer informações para que o empresário (pedrista), dessa forma, possa comprar serviços de irradiação com melhor base técnica, minimizando perdas e otimizando as cores obtidas. São apresentados também parâmetros como dose, temperatura e taxa de aquecimento.

Palavras chave

Beneficiamento; joalheria; pedra preciosa; quartzo

Conteúdo**1 INTRODUÇÃO**

O estudo da cor nos minerais fornece uma riqueza do entendimento sobre as propriedades físicas e químicas destes materiais.

A cor representa um papel muito importante na beleza, tradição de mercado e avaliação de uma gema. A capacidade que certas gemas têm em permitir modificações totais ou parciais de suas cores, assim como da uniformidade de suas cores e/ou de suas diafaneidades, quando submetidas a processos de melhoramento ou de tratamento, são questões muito relevantes. Estes processos podem melhorar diretamente a aparência do material pela mudança de cor, da diafaneidade, ou por esconder ou disfarçar imperfeições ou, indiretamente, por produzir uma semelhança com outro material e, desse modo, produzir uma simulação.

Para cada tipo de gema é importante conhecer e identificar o(s) tipo(s) de tratamento(s) ou melhoramento(s) que pode(m) ser utilizado(s). Ainda que certos métodos de tratamentos mais simples fossem conhecidos desde a antiguidade, experiências ao acaso, etc., o avanço no conhecimento dos campos da física e da química do estado sólido, resultaram em uma variedade de novas e sofisticadas técnicas de melhoramento.

Gemas, como o quartzo, podem sofrer alteração da cor se expostas a raios gama, em alguns casos acrescido de aquecimento. Na verdade as gemas ditas naturais são coloridas por radiação existente nos próprios depósitos minerais, devido à presença de elementos radioativos como urânio, potássio, tório, que ocorrem disseminados nas rochas. Porém, estes elementos existem em tão baixa concentração, que, por exemplo, seriam necessários centenas ou até mesmo milhares de anos para colorir um quilo de quartzo.

2. O QUARTZO

O quartzo apesar de ser um dos minerais mais comuns, é um dos mais atraentes. É constituído de sílica pura (óxido de silício: SiO_2), composto que, sozinho ou combinado formando os silicatos, constitui quase 60% da crosta terrestre. O quartzo é também um mineral de grande durabilidade, tanto química quanto fisicamente. Por isso, quando as rochas ficam expostas durante muito tempo à ação dos agentes atmosféricos e se desagregam, os grãos de quartzo resistem, formando a maior parte dos cascalhos dos rios, das areias das praias e dos desertos.

O comerciante de pedras e o joalheiro conhecem o quartzo sob várias formas, ainda que lhes custe crer que todas elas pertençam à mesma espécie mineral. Os minerais de quartzo são classificados em dois grupos:

Quartzo cristalino, que se apresenta em cristais individuais de hábito trigonal bem visível. Variedades típicas deste grupo são: o cristal de rocha, a ametista, o citrino, o quartzo róseo e o cairngorm. As FIG. 1 e 2 mostram alguns exemplos.



FIGURA 1 – (a) Cristal de rocha e (b) ametista

Fontes: (a) Disponível em: <<http://manuela1964.files.wordpress.com/2007/03/cristal.jpg>>.

(b) Disponível em: <<http://www.kidscornerbrazil.org/>>



FIGURA 2 – (a) Citrino e (b) Quartzo rosa

Fontes: (a) Disponível em: <<http://www.joiabr.com.br/manualtecnico/index.html>>.

(b) Disponível em: <<http://www.caminhodeliz.net/artigos/reiki/cristaisreiki.htm>>.

Quartzo criptocristalino, cujas variedades típicas são: a calcedônia, a ágata, o crisoprásio, a cornalina, o sardo, o heliotrópio e o jaspe. As FIG. 3 e 4 ilustram alguns exemplos.



FIGURA 3 – (a) Calcedônia e (b) ágata

Fontes: (a) Disponível em: <<http://www.opalominerales.com/esoterismo.htm>>

(b) Disponível em: <<http://home.sercomtel.com.br/index.asp>>

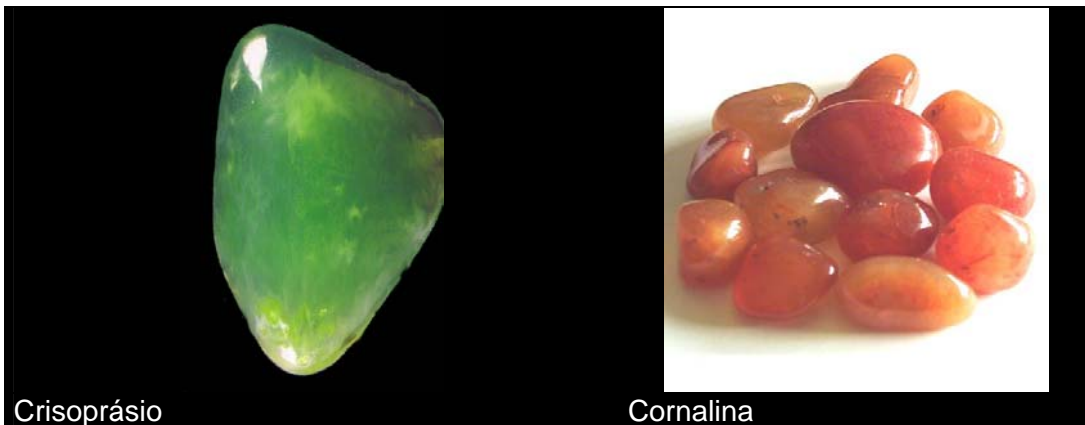


FIGURA 4 – (a) Crisoprásio e (b) Cornalina

Fontes: (a) Disponível em: <<http://www.hobbysti.com/sito/content/view/330/294/>>

(b) Disponível em: <http://www.elgrial.com/catalog/product_info.php?cPath=64&products_id=965>

As pedras pertencentes a este segundo grupo são formadas por grãos pequeninos ou fibras finas de quartzos, demasiadamente pequenos para ser considerados cristais individuais. As variedades existentes nos dois grupos citados são numerosas demais para serem todas elas descritas em detalhes e, no que se refere à sua identificação, é totalmente desnecessário fazer isso. As formas de quartzo cristalino que costumam ser utilizadas em joalheria são as variedades transparentes. Suas propriedades físicas são quase constantes: dureza, 7 na escala Mohs; D. R., 2,651; índice de refração 1,544 e 1,553.

O quartzo tem uma estrutura interna em espiral, em geral revelada externamente por pequenas facetas extras no cristal, que servem para determinar se se trata de um cristal levogiro (girado para a esquerda) ou dextrogiro (girado para direita). Apesar de esta propriedade não ser importante para a identificação do quartzo em termos gemológicos, considera-se interessante expor e explicar os fenômenos ópticos que provoca. Quando os raios de luz polarizada atravessam a pedra na direção do eixo óptico, a estrutura espiralada (helicoidal) provoca uma rotação do plano de polarização. Isto faz com que o quartzo apresente uma “figura de interferência”, o que torna este mineral um caso único entre todas as gemas. Quando é possível observar-se esta figura, ela fornece, além de um belo fenômeno, uma prova definitiva para o quartzo.

Em termos gerais, para se ver uma figura de interferência num material birrefringente é necessário observar o mineral na direção do eixo principal, com luz convergente e entre polarizadores cruzados. Quando se dispõe de uma secção lapidada, com as faces paralelas e orientadas cristalograficamente, de maneira correta, basta colocar a secção entre duas folhas de “polaróide” situadas em posição “cruzada” e observar o “sanduíche” assim formado através da janela ou de uma folha de papel branco bem iluminado. Os raios que chegam ao olho do observador são obrigatoriamente convergentes devido à curta distância focal em que se efetua a observação e, deste modo, a figura de interferência aparece bem visível sem necessidade de se utilizar a lupa. Um modo fácil de observar este fenômeno num cristal biaxial é colocar uma lâmina de moscovita ou de biotita (micas) entre os polaróides cruzados. Efetuando a observação no modo descrito vê-se uma figura de interferência típica, que consiste em dois pontos negros semelhantes a dois “olhos”.

Esta técnica é simples, porém às vezes não pode ser aplicada em pedras lapidadas. Em determinadas situações essas figuras são vistas prendendo a pedra com uma pinça e girando-a entre os polarizadores cruzados de um polariscópio (ver Anexo I), como os modelos Meaking ou Rayner, que possuem equipamento de iluminação. Deve-se, porém, colocar uma lupa ou um pequeno recipiente esférico cheio de iodeto de metileno justamente em cima da pedra que está sendo observada para se conseguir que a luz seja convergente. Este procedimento não é fácil e exige certa prática. Com esfera ou contas de quartzo (normalmente empregadas na confecção de colares), a figura de interferência é facilmente observável, bastando girar os exemplares esféricos colocados entre os polaróides cruzados. Neste caso não é necessário o uso da lupa, já que a forma esférica da peça provoca a convergência dos raios luminosos e tudo se resume para que seja produzida a formação da figura de interferência. Esta figura consiste numa cruz negra com concavidade central colorida e rodeada por uma série de anéis concêntricos menos intensos.

O quartzo de qualidade gemológica tem um brilho vítreo decorrente do índice de refração relativamente baixo, que torna difícil distingui-lo, à simples vista, das instalações feitas com vidro.

Uma prova muito simples, porém efetiva para identificação do quartzo, se baseia na pouca condutibilidade térmica que os vidros oferecem. Pondo-se um exemplar de quartzo e outro de vidro em contato com a língua, o quartzo dá a sensação, de maneira bem perceptível, de que é mais frio, o mesmo que ocorre com qualquer outra gema cristalina, já que, por causa de sua baixa condutibilidade térmica, permite a passagem, através de sua massa, do calor procedente do ponto de contato com a língua muito mais rapidamente que os vidros. O âmbar e outras resinas são condutores ainda piores, pelo que dão ao tato a sensação de serem mais quentes. Deve-se tomar certas precauções nesta simples prova. Por higiene, os exemplares devem estar completamente limpos e não podem ter estado em contato com as mãos para se aquecer previamente. Cada exemplar deve ser seguro com uma pinça para a realização da prova. Deve-se fazer a comparação com um exemplar que se saiba ser um quartzo, já que os vidros dão a sensação de frio quando colocados em contato com a língua e a de quente somente quando comparados com um cristal verdadeiro. Outros aspectos pelos quais os vidros podem ser reconhecidos – bolhas de gás, turbilhões, etc.

Algumas variedades cristalinas do quartzo podem agora ser individualmente mencionadas, fazendo-se ainda uma breve referência às pedras com que podem ser confundidas. O quartzo incolor denominado cristal de rocha é, na realidade, pouco atraente para ser utilizado como gema, mas é um material suficientemente bonito para ser utilizado em entalhes, contas, bolas de cristal, etc. Na realidade, o único material utilizado para imitá-lo é o vidro. Esferas ou bolas de quartzo, de tamanho regular, sem imperfeições, conseguem alcançar preços relativamente elevados.

Para determinar se se trata de um quartzo verdadeiro basta a prova muito simples que consiste em observar a dupla imagem formada por um texto impresso ou a borda retilínea de uma folha, sobre os quais se coloca a peça que se deseja identificar. No quartzo de cor amarela denominado corretamente de citrino, embora seja vendido normalmente sob a denominação incorreta de topázio, tanto a densidade relativa como o índice de refração permitem uma distinção definitiva entre o citrino e o topázio.

A maioria dos citrinos é obtida a partir de ametistas submetidas a tratamento térmico. As pedras assim obtidas apresentam leve dicróismo (ver Anexo 1), enquanto que é bem acentuado o do quartzo citrino natural. Outro aspecto que as “ametistas queimadas” costumam apresentar é uma coloração bandada. O citrino oferece diferentes tonalidades: desde o castanho mais escuro, denominado cairngorm, ao enfumado denominado morion. Recentemente, apareceu no comércio uma variedade de quartzo de cor verde, para o qual se propôs a denominação de prasiolita. Esta variedade procede de certos tipos de ametistas extraídas em Minas Gerais, Brasil, submetidas a um tratamento térmico muito cuidadoso. Estas pedras, assim tratadas podem variar da malva pálida à violeta mais escura. Ao se observar uma pedra com uma lupa através da faceta mesa, pode-se notar que a falta de uniformidade da cor, que forma diferentes zonas, e a dupla imagem das arestas das facetas do pavilhão, são características que permitem distingui-las dos vidros. Uma inclusão curiosa em forma de “lista de tigre” é um aspecto único freqüentemente visto na ametista. A safira púrpura (incorretamente denominada “ametista oriental”) costuma apresentar-se com as cores parecidas com as da ametista, mas é pedra muito mais brilhante e dura, com índice de refração e D.R. mais elevados. Este tipo de safira exibe a linha fluorescente do rubi quando é iluminada intensamente.

O quartzo róseo nunca é completamente transparente, mas de aspecto leitoso e normalmente com veias e imperfeições. Quando sua coloração é intensa, constitui-se num bom material para contas e pequenos entalhes ou ornamentos atraentes. Lapidado corretamente, apresenta uma estrela de seis braços, embora seu asterismo não seja muito intenso. Recentemente conseguiu-se realçar este fenômeno de maneira mais intensa em pedras compostas formadas por uma semi-esfera de quartzo róseo com asterismo aderido a uma superfície refletora. O doblete assim obtido apresenta um aspecto bastante surpreendente, com uma estrela muito intensa e brilhante. Comprovou-se que o asterismo do quartzo róseo é devido à presença de finíssimas agulhas de rutilo orientadas todas em três direções perpendiculares ao eixo ternário de simetria do cristal.

Esses dobletes podem ser distinguidos facilmente, à vista desarmada, das safiras astéricas, não somente por ser mais brilhante que a estrela que apresentam, como também pelo fato de que, quando se observa a estrela iluminada com uma lâmpada, pode-se ver claramente, no centro desta, a reflexão do foco incandescente – efeito que não é visto nas gemas astéricas não-tratadas. Os dobletes citados mostram sua condição de pedras compostas porque a estrela que exibem é muito menos definida que a apresentada pelas safiras astéricas naturais ou sintéticas e a cor rósea do quartzo pode ser vista quando são observados em ângulos retos ao seu eixo.

O quartzo olho-de-gato contém fibras ou canais paralelos que ocupam as mesmas posições correspondentes às fibras do mineral original. Suas cores costumam ser castanha pálida, esverdeada ou amarelada, e o raio luminoso, apesar de bem marcado, não aparece tão bem delimitado ou sedoso como o que o crisoberilo olho-de-gato apresenta, porque as fibras refletoras são mais grosseiras. Um exemplar fino do quartzo olho-de-gato assemelha-se muito a um crisoberilo de má qualidade, embora este último tenha uma superfície mais brilhante.

Se a gema está desgravada, é suficiente efetuar uma determinação de sua D.R. com o bromofórmio ou o iodeto de metileno para identificar o exemplar com segurança. Quando se tratar de gemas cravadas, a utilização do método da visão distante com o refratômetro permite sua distinção.

Os quartzos “olhos-de-gato” de qualidade inferiores costumam ser tingidos de cores diferentes e no comércio são denominados incorretamente de “olhos-de-gato da Hungria”. O quartzo castanho-dourado, que exibe o fenômeno de acatassolamento ou chatoyance, muito apreciado, é denominado olho-de-tigre (FIG. 5). Foi originalmente crocidolita ou asbesto de cor azul, tendo as fibras por transformação substituídas pelo quartzo.

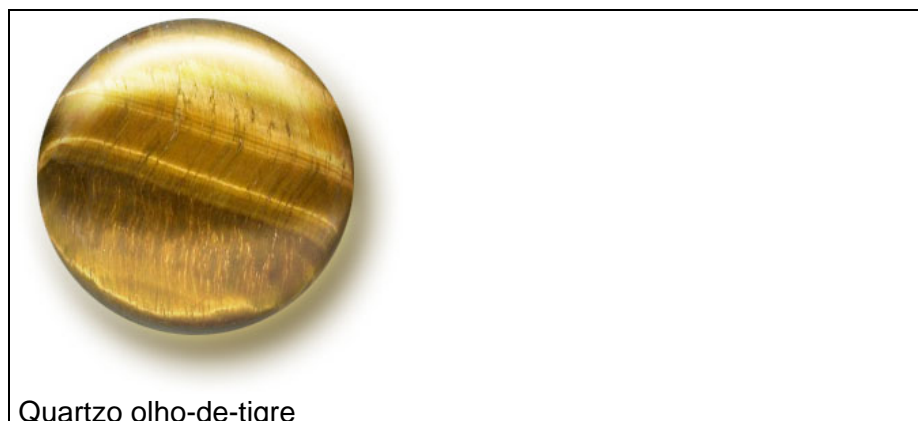


FIGURA 5 – Quartzo olho-de-tigre

Fonte: Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Olho_de_tigre>.

A denominação de “crocidolita” é freqüentemente utilizada para designar o material alterado. Normalmente, fibras de rutilo vermelho-castanho são vistas penetrando um quartzo incolor em aparente orientação desordenada. Este quartzo rutilado é conhecido por nome fantasia como “cabelo de Vênus” ou “*flèches d’amour*” (flechas de amor). Seguindo a descrição das variedades de quartzo que contêm inclusões são devidas à presença de diminutas lâminas de fuchsite verde (mica). Este quartzo é mais apropriadamente classificado como uma variedade de quartzito, sendo formado a partir de uma massa de cristais de quartzo diminutos.

Existe também um quartzo aventurina de cor castanho-avermelhada que contém pedacinhos de um mineral de óxido de ferro reluzentes. O vidro aventurina de cor castanho-dourada, visto com tanta freqüência, tem D.R. e índice de refração próximos dos do quartzo, mas seu efeito é exagerado e mais espetacular que qualquer aventurina natural.

Contas de cristal de rocha por vezes são aquecidas e esfriadas repentinamente em água que contém corantes. A cor penetra nas fissuras formadas pelo rápido esfriamento, e o efeito resultante é muito bonito, embora obviamente seja uma “falsificação”. O jaspe é uma variedade muito impura de quartzo criptocristalino, em geral de alguma tonalidade avermelhada. O jaspe tingido artificialmente com azul-da-prússia é utilizado para imitar o lápis-lazúli, e é conhecido como o lápis alemão ou lápis suíço. O jaspe é, na realidade uma forma de calcedônia.

3. IRRADIAÇÃO DE GEMAS

3.1 Processo de irradiação

Exposições de gemas à irradiação natural ou artificial, são capazes de mudar a cor de muitos minerais. Alguns processos de tratamento, como tratamento por irradiação e o tratamento térmico apenas aceleram o processo que poderia ter sido ocasionado pela própria natureza. Grande parte das gemas tem como causa de cor a presença de defeitos em sua rede cristalina, os chamados “centros de cor”. Tais centros podem ser criados pela radiação natural presente nos depósitos ou pela irradiação de gemas em irradiadores industriais ou laboratórios.

Com a descoberta dos raios-x e da radioatividade, no final do século XIX, teve início uma série de estudos dos seus efeitos em alguns materiais, inclusive nos gemológicos. Desde aquela época até os dias atuais muito se experimentou nesta área, sendo tratadas as mais diferentes gemas, das mais diferentes formas ou maneiras.

A radioatividade foi descoberta pelo casal “Joliot-Curie” (Frédéric Joliot e Irène Joliot-Curie), bombardeando núcleos de boro e alumínio com partículas alfa. Observaram que as substâncias bombardeadas emitiam radiações após retirar o corpo radioativo emissor das partículas alfa. O estudo da radioatividade permitiu um maior conhecimento da estrutura dos núcleos atômicos e das partículas subatômicas. Abriu-se a possibilidade da transmutação dos elementos, ou seja, a transformação de elementos em elementos diferentes. Inclusive o sonho dos alquimistas de transformar outros elementos em ouro se tornou realidade, mesmo que economicamente o processo não seja rentável.

Segue-se então o trabalho de F. Borbas no laboratório do “College de France” em Paris. Ele enterrou alguns coríndon em sais de rádio por um mês, e obteve no coríndon incolor uma coloração amarela, enquanto que o verde assumiu uma cor verde esmeralda.

O tratamento por irradiação é o processo que utiliza partículas de alta energia ou ondas eletromagnéticas para alternar a cor de um material gemológico (KAMMERLING & MOSES 1995), ou seja, o processo de irradiação envolve a exposição de uma gema a uma variedade de radiações que incluem raios, constituintes de uma grande parte do espectro eletromagnético, bem como várias partículas energéticas, algumas das quais podem, também ser chamadas de “raios”. Cada uma dessas fontes tem vantagens e desvantagens ou obstáculos.

As FIG. 6 e 7 mostram alguns exemplos de gemas tratadas com seus respectivos nomes comerciais.

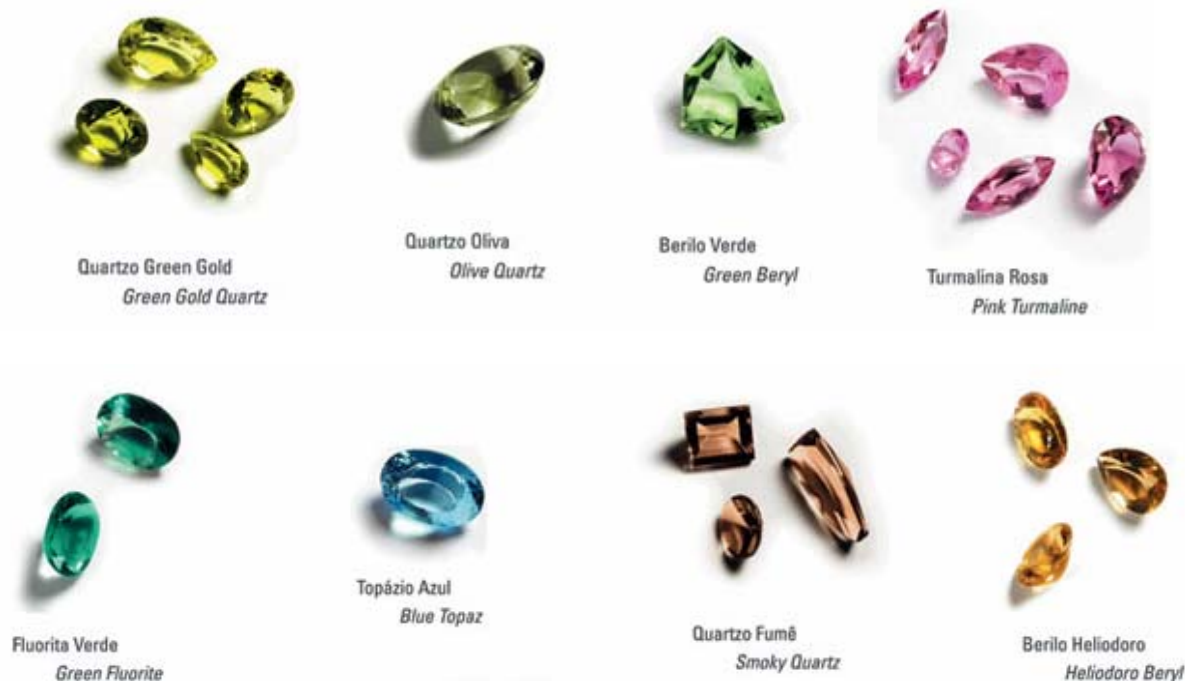


FIGURA 6 – Quartzo green gold; quartzo oliva; berilo verde; turmalina rosa; fluorita verde; topázio azul; quartzo fume, berilo heliodoro.

Fonte: Disponível em: <<http://www.embrarad.com.br/gemas.asp>>.



FIGURA 7 – Rubelita Hot Pink; Quartzo citrino; Quartzo conhaque; Ametista rose de france; Fluorita azul, Morganita rosa; Prasiolita; Fluorita Roxa; Kunzita.
 Fonte: Disponível em: <<http://www.embrarad.com.br/gemas.asp>>.

3.2 O espectro eletromagnético

A FIG. 8 mostra a extensão total do espectro eletromagnético, e nele o espectro visível, onde ocorrem as vibrações eletromagnéticas denominadas luz. Algumas cores podem ser alteradas pela luz visível de energia 1,7 a 3,2 eV, enquanto que muitas alterações de cor requerem radiações muito mais energéticas com 10.000 ou até 10.000.000 eV.

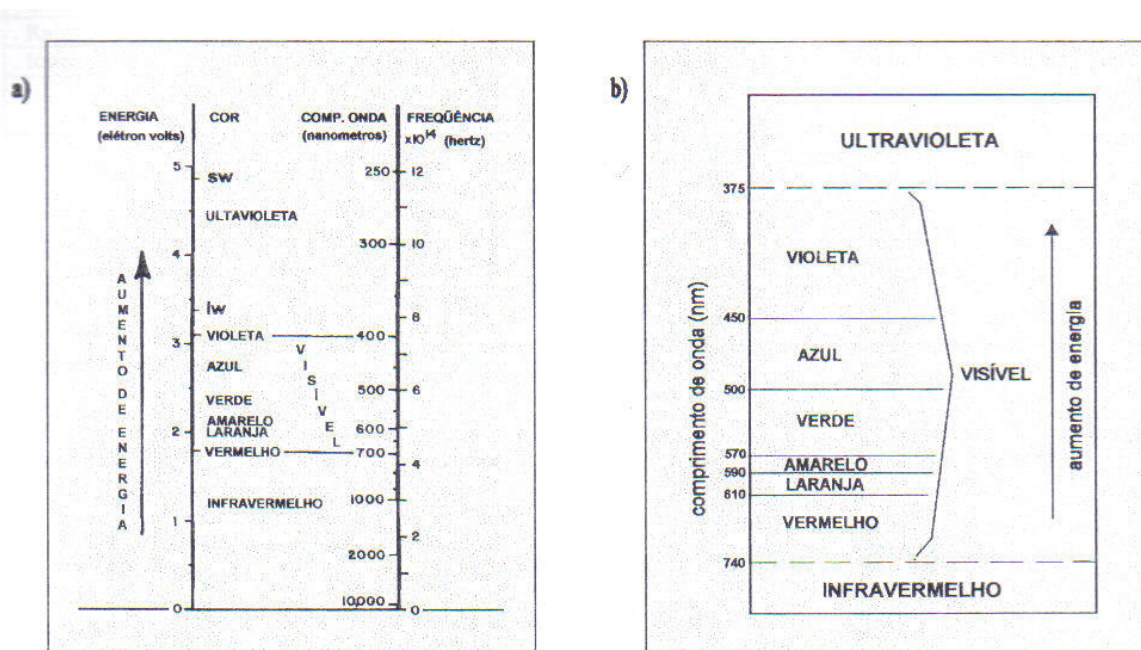


FIGURA 8 – Espectro eletromagnético, segundo Nassau (1983) (a) e Fritsch & Rossman (1987) (b). Aumentando a temperatura aumenta a energia e diminui o comprimento de onda da luz emitida.
 Legenda: sw é ultravioleta onda-curta (254 nm) e lw é ultravioleta onda-longa (366nm).
 Fonte: JOSUÉ ROJAS, 2002.

3.3 Tipos de radiações

Para a irradiação de gemas, são usados principalmente raios X, raios gama, nêutrons e aceleradores de elétrons (TAB.1 e 2). Os raios X, por apresentarem baixa penetração fazem com que as gemas coloridas por este processo não se tornem comercialmente viáveis. Por outro lado, a irradiação gama é um tratamento de maior penetração. Utiliza-se o cobalto-60, que é o isótopo mais comum, que proporciona melhores resultados. Tanto os raios X como os raios gama não deixam radioatividade residual na gema.

Tabela 1
Raios e partículas usados para a Irradiação de Gemas.

Espectro Eletromagnético					
Tipo de radiação	Energia (eV)	Uniformidade da coloração	Energia Requerida	Radioatividade Induzida	Aquecimento Localizado
Luz	2 a 3	variável	baixa	Não	não
Ultravioleta (ondas curtas)	5	variável	baixa	Não	não
Raios X	10000	ruim	média	Não	não
Raios Gama	1000000	boa	nenhuma	Não	não
Partículas					
Tipo de radiação	Energia (eV)	Uniformidade da coloração	Energia Requerida	Radioatividade Induzida	Aquecimento Localizado
neutras: nêutrons	1000000	boa	alta	sim	não
negativas: elétrons	1000000	ruim	alta	não	muito forte
negativas: elétrons	10000000	boa	alta	sim	muito forte
positivas: prótons	1000000	ruim	alta	sim	algum
positivas: deutério	1000000	ruim	alta	sim	algum
positivas: partículas alfa	1000000	ruim	alta	sim	algum

Fonte: JOSUÉ ROJAS, 2002.

Tabela 2
Comparações entre as diferentes formas de irradiação de gemas.

Irradiação	Vantagens	Desvantagens
Raios X	Maior disponibilidade de equipamentos para pesquisas iniciais de causas de cor em gemas	Baixo poder de penetração. Baixa uniformidade na cor
Raios Gama	Poder de penetração relativamente alto. Não deixa resíduos radioativos na gema. Boa uniformidade de cor	Doses em menores taxas requerem atmosfera inerte
Nêutrons	Alto poder de penetração. Boa uniformidade de cor	Pode gerar resíduos radioativos
Aceleradores de Elétrons	Emissão Controlável	Baixo poder de penetração

Fonte: JOSUÉ ROJAS, 2002.

A irradiação neutrônica apresenta energia maior que os raios X e gama, com maior poder e penetração no material, proporcionando assim, colorações mais intensas. Entretanto é necessário um período de quarentena, pois tal tratamento pode tornar a gema radioativa.

Os aceleradores de partículas apresentam poder muito menor de penetrabilidade, em relação a irradiação gama.

As partículas energéticas usadas nos processos de irradiação (FIG. 9), são produzidas em uma grande variedade de máquinas complexas, tais como, aceleradores lineares ou reatores nucleares. Logo, uma discussão mais detalhada da produção e detecção da irradiação, incluindo unidades de medidas de outros tópicos relevantes, podem ser obtidos, em vários trabalhos, por exemplo, Lindberg (1972), Rossman (1982), Isotani et al. (1987), Ashbaugh – III (1988), Schmetzer (1993), Nassau (1994), dentre outros.

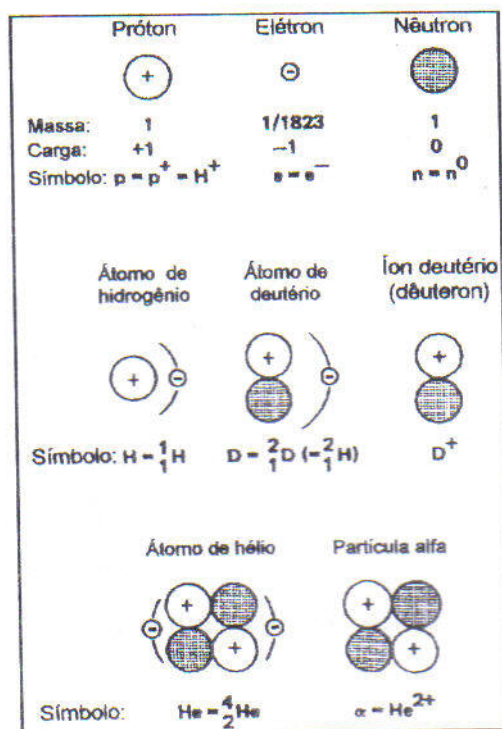


FIGURA 9 – Partículas energéticas usadas nos processos de irradiação.
Fonte: JOSUÉ ROJAS, 2002.

Dos vários agentes de irradiação, os raios gama são os preferidos, pois produzem boa uniformidade de coloração, não consomem energia elétrica, não produzem aquecimento localizado e nem induzem a radioatividade. A maior vantagem da irradiação de nêutrons ou de raios gama está na cor resultante, que é uniforme através da gema, e a tonalidade de cor depende do tempo de exposição e da intensidade ou energia das partículas usadas (NIXON, 1977), além das características da própria gema.

As cores de certas gemas naturais foram obtidas pela irradiação natural, proveniente principalmente dos elementos radioativos da crosta terrestre. Os resultados destas radiações são as ocorrências de berilo verde, topázio colorido (azul e castanho), turmalina rosa, quartzo morion, ametista, citrino, kunzita, córidon, feldspatos, escapolita, espodumênio, zircão, etc. Pode ocorrer também que, por particularidade no crescimento do cristal, ele já se torne colorido. Muitos cristais não se tornam naturalmente coloridos por diversas razões, como por exemplo, descoloração por aquecimento natural, vizinhança livre de radiação no momento da formação, falta de condições para formação de centros de cor.

3.4 Centros de cor

A maioria das mudanças de cor induzida por irradiação não tem sido estudada em detalhes para um perfeito entendimento do processo ocorrido. Normalmente, a espectroscopia de absorção óptica deve ser acompanhada de ressonância magnética e outras técnicas sofisticadas para fornecer uma resposta inequívoca. Muitas dessas mudanças de cor envolvem um centro de cor. As características de um centro de cor incluem sua produção por irradiação, ainda que outras técnicas especializadas possam, às vezes, ser empregadas para fornecer o mesmo resultado. O aquecimento, invariavelmente, produz a reversão da mudança de cor, embora a exposição à luz ou mesmo simplesmente permanecendo por algum tempo no escuro pode ser suficiente para produzir perda de cor em algum centro de cor particularmente instável. Invariavelmente, um centro de cor envolve um elétron removido de uma posição normalmente ocupada, constituindo um centro de cor por buraco pela ausência do elétron, ou pela presença de um elétron extra, formando um centro de cor por elétron.

Se o elétron é simplesmente envolvido na valência variável do elemento de transição, então o termo “centro de cor” não é comumente utilizado.

A função da irradiação é simplesmente transferir um elétron, formando simultaneamente um centro de cor por lacuna e um centro por elétron. Quase todos os materiais têm precursores de centro por lacuna. Se, no entanto, não há “precursor de centro por elétron”, o elétron deslocado pela irradiação imediatamente retorna à sua posição original e o material permanece sem modificações da cor.

3.5 A estabilidade dos centros de cor

Não há concordância quanto à possibilidade da estabilidade de um centro de cor por algum tratamento térmico adequado. Por experimentação sabe-se que o aquecimento, inevitavelmente, destrói um centro de cor e não pode, possivelmente, preservá-lo. O aquecimento pode, é claro, produzir outras mudanças, como por exemplo, ele descolore o berilo para incolor e converte água-marinha verde em água-marinha azul. A irradiação pode recuperar a cor amarela ou verde e o aquecimento pode restaurar os estados incolor e azul e assim por diante.

3.6 Gemas radioativas

O zircão pode conter elementos radioativos (2% de urânio e até 10% de tório), mas a quantidade é normalmente tão pequena em material de joalheria que pode ser ignorada. Alguns tratamentos podem induzir radioatividade em materiais irradiados. Em diversas ocasiões, gemas assim tratadas foram liberadas para o comércio com níveis de radioatividade significativos.

Gemas tendo uma radioatividade significativa representam uma exposição totalmente desnecessária, ainda que não existam padrões apropriados, tais pedras não poderiam ser usadas. Laboratórios gemológicos conscientes e responsáveis verificam rotineiramente a radioatividade das pedras. Tal radioatividade decai com o tempo e a taxa de decaimento depende da natureza de isótopos radioativos presentes.

Não podemos desprezar, ainda, a questão da estabilidade das cores produzidas por irradiação. Cores instáveis podem, em mãos inescrupulosas, lesar indivíduos e a própria credibilidade do comércio de gemas.

Gemas altamente radioativas devem ser mantidas em um recipiente de chumbo contendo o símbolo padronizado indicativo de irradiação. Tais gemas fornecem uma “auto-radiografia” quando colocadas sobre um filme radiográfico.

No Brasil, atualmente, só se utiliza comercialmente a irradiação gama para beneficiamento de gemas. Este tipo de radiação não deixa nenhuma radiação remanescente na pedra. Isto quer dizer que as pedras irradiadas no nosso país não apresentam nenhuma radioatividade.

4 IRRADIAÇÃO DOS QUARTZOS

O quartzo natural incolor é rotineiramente irradiado com raios gama e depois aquecido para adquirir cores que vão desde o verde-oliva até o marrom-avermelhado, passando essas cores por tons amarelo-esverdeado e amarelo-marrom.

As temperaturas para aquecimento feito ao ar, variam entre 180°C e 360°C. As doses de irradiação variam entre 45KGy e 400KGy -1 Gy (Gray) equivale a 1 Joule por quilograma.

Em geral, o pedrista compra o serviço de irradiação e executa, ele próprio, o aquecimento. O aquecimento é feito sob inspeção visual, porque as pedras de quartzo têm uma variação de comportamento devido às suas diferenças naturais, consequência das variações do seu processo geológico de formação.

Após a irradiação, o quartzo se torna preto, devido ao teor de alumínio. Quando aquecido, a partir de uma certa temperatura, ele começa a emitir uma luz azul e pode ser observado o seu clareamento.

No final do processo, resta a cor que se deseja obter. Sabe-se que ela é função da dose de irradiação. Para doses baixas, abaixo de 100KGy, obtêm-se tonalidades esverdeadas. Para doses intermediárias, entre 150KGy e 200KGy, obtêm-se tonalidades amareladas. Para doses superiores a 250 KGy, obtêm-se tonalidades amarronzadas.

A dose exata para se obter uma dada cor depende da ocorrência do quartzo e deve ser ajustada para cada caso.

4.1 Avaliação da dose de radiação aplicada

Alguns irradiadores evitam informar a dose aplicada. Com isso o pedrista fica sem referência para poder utilizar o serviço de mais de um irradiador. Desconhecendo a dose, ele pode correr enormes riscos de perdas quando há troca de irradiador. Deverá ser feito um cuidadoso estudo da dose em função da cor pelo novo irradiador, acarretando custos adicionais.

O quartzo emite certa quantidade de luz ao ser aquecido, fenômeno conhecido como termoluminescência, que é proporcional à dose recebida. Essa quantidade pode ser medida em leitores de termoluminescência. Entretanto, observamos que a temperatura onde a termoluminescência do quartzo natural se inicia, que pode ser detectada a olho nu, também é proporcional à dose recebida. A determinação dessa temperatura pode fornecer uma estimativa da dose com razoável confiabilidade.

O aquecimento do quartzo deve ser realizado a uma taxa de temperatura de 20°C, logo o forno deve ser configurado para aquecer de 20 em 20°C. Uma taxa de aquecimento adequada muitas vezes evita que surjam trincas ou fraturas no quartzo.

A intensidade das cores do quartzo varia de acordo com a procedência. Elas podem ser mais fracas ou mais fortes, dependendo da intensidade do pico de absorção de luz que se forma na região do ultravioleta, próximo ao visível. Assim, o quartzo com cores mais fracas auto-absorve menos luz azul durante o aquecimento e se pode perceber o início da termoluminescência em temperaturas mais baixas que aquelas de um quartzo com cores mais fortes.

Existe uma correlação linear entre a temperatura de início de percepção da termoluminescência com a dose. Entretanto existe uma correlação diferente para cada ocorrência de quartzo.

Assim, uma vez feito um estudo da dose em função da temperatura do início da percepção da termoluminescência a olho nu, o pedrista poderá obter uma correlação linear que lhe permitirá controlar a dose aplicada em suas pedras com razoável confiabilidade.

Por se tratar de um método que utiliza uma observação a olho nu, há uma certa subjetividade no julgamento do instante em que a termoluminescência se inicia. Sugere-se que somente pessoas treinadas utilizem esse método e que, para cada pessoa, se faça um ajuste estatístico específico. Por outro lado, as condições de meia obscuridade também devem ser controladas.

4.2 Tratamento após a irradiação

Como já foi dito, todos os quartzos após serem irradiados necessitam de um tratamento térmico para mudança de cor. A prasiolita (FIG. 10) é uma exceção a esta regra, pois após a aplicação da radiação gama, necessitará apenas da simples exposição aos raios ultravioletas do sol ou de lâmpadas especiais que contenham este tipo de luz, procedimento que deixa a gema com verde mais puro e acentuado, sem tons acinzentados.



Prasiolita

FIGURA 10 – Amostra de prasiolita

Fonte: Disponível em: <http://www.joiabr.com.br/trat_gemas/trq09.html>.

Conclusões e recomendações

A temperatura onde se inicia a observação a olho nu da termoluminescência do quartzo natural irradiado é linearmente proporcional à dose. Com isso, o pedrista poderá ter uma estimativa da dose aplicada em suas amostras com razoável confiabilidade, desde que se faça um estudo para cada ocorrência de quartzo, se utilizem pessoas treinadas e se controle um ambiente de meia obscuridade.

A taxa de temperatura que a pedra é aquecida é importante não só para o controle da mudança de cor, mas como para evitar fraturas. Quanto maior for a amostra de quartzo maior serão os cuidados no tratamento térmico. Nestas amostras é aconselhável que se utilize uma baixa taxa de aquecimento, assim como uma baixa taxa de resfriamento.

No caso das prasiolitas, após serem irradiadas, devem tomar um banho de raios UV que vai variar de um a dois dias expostos ao sol. Quando estas amostras já tiverem perdido os tons de cinza pode-se interromper o tratamento de UV.

Somente uma pequena fração dos quartzos naturais incolores é capaz de desenvolver cores pelo processo de irradiação. Para identificação das ocorrências desses quartzos, é necessária a realização de testes de irradiação e aquecimento em amostras representativas. Esses testes, aparentemente simples, têm alguns complicadores, na prática. Muitas vezes as pessoas que providenciam a irradiação e o aquecimento adquirem lotes de quartzos de terceiros.

Há incertezas quanto à origem dos lotes, que podem estar misturados. As amostragens para a realização dos testes são inadequadas e fornecem resultados inválidos para o processamento de todo o lote. As amostras são enviadas para os irradiadores sem especificação exata do objetivo. O ideal seria que fosse solicitada aos irradiadores a aplicação de uma determinada dose e não a obtenção de uma cor, como é comum. Nessa situação, cabe ao irradiador realizar o teste de irradiação e aquecimento. Em consequência, o interessado deixa de ter acesso a parâmetros importantes do processo de produção de quartzo colorido, como, por exemplo, a dose. Além disso, devido às características do gerenciamento do funcionamento de um irradiador, o prazo para entrega dos resultados é irregular, podendo ser de até algumas semanas. Esses problemas aumentam as perdas de processo e dificultam a realização de negócios.

Foi desenvolvido um teste, que dispensa irradiação e aquecimento, para identificação de amostras com potencial para desenvolver cores, cujos resultados podem ser obtidos em apenas alguns minutos. Ele pode ser realizado com um espectrofotômetro infravermelho. Existem atualmente duas Instituições que prestam este serviço um deles é o CDTN – Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear, e o outro é a UNIT – Unidade de Inovação Tecnológica em Gemas e Jóias. A localização destas instituições constam no Anexo 2.

Referências

ANDERSON, B. W. A identificação das gemas. Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico, 1990. 466p.

BAHADUR, H. Radiation-induced modifications of point defects in quartz crystals and their applications in radiation dosimetry. **Radiation Measurements**. v. 36, p. 493-497, 2003.

JOSUÉ ROJAS, Arol **Tratamento de gemas**. 2002. (Monografia) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2002.

LAMEIRAS, F. S. ; NUNES, Eduardo Henrique Martins ; MELO, Valéria Alves Rodrigues de; LIZ, Otávio Rocha . Identificação de quartzos incolores para joalheria. **REM: Revista Escola de Minas**. Ouro Preto, v. 59, n. 1, p. 129-133, 2006.

NUNES, E. H. M., LAMEIRAS, F. S. Estimativa da dose do quartzo natural irradiado pela termoluminescência. **REM: Revista Escola de Minas**, v. 57, n. 1, p. 19-22, 2004.

ZIMBRES, Eurico. **Dicionário livre de geociências**. Disponível em: <<http://dicionario.pro.br/>>. Acesso em: 25 out. 2007.

Anexos

Anexo 1 – Termos gemológicos

D.R. – Densidade Relativa: é a comparação da massa específica de uma substância com a de uma outra substância. No caso de sólidos e líquidos, a densidade relativa é tomada em relação à água.

Dicroísmo - Óptica Em certos materiais anisotrópicos (p. ex., cristais, gemas), propriedade de ter diferentes coeficientes de absorção para luz polarizada em diferentes direções, oferecendo colorações diversas na dependência da direção em que são observados.

Polariscópio - Instrumento para verificar se uma luz emana diretamente de uma fonte ou se já sofreu o fenômeno da polarização.

Anexo 2 – CDTN e UNIT

CDTN – Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear
Endereço: Avenida Presidente Antônio Carlos, 6.627, Campus da UFMG - Pampulha - CEP 31270-901 - Belo Horizonte/MG. –
Telefone: 0xx31 3069-3391
Site: <<http://www.cdtm.br/>>

UNIT – Unidade de Inovação Tecnológica em Gemas e Jóias
Endereço: Avenida Getúlio Vargas, 1010, Centro, Teófilo Otoni/MG.
Telefones: 0xx33 3522-1662/ 0xx33 3522-1762

Nome do técnico responsável

Otávio Souza Rocha Liz – Tecnólogo em Radiologia e Especialista em Irradiação de Gemas

Nome da Instituição do SBRT responsável

Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais - CETEC

Data de finalização

25 out. 2007