

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos os que me apoiaram ao longo destes anos, no desenvolvimento desta pesquisa, mas em especial gostaria de registrar o meu agradecimento para:

Professor Joachim Karfunkel, mais que um orientador, um grande amigo, que soube me animar nas horas mais difíceis e soube conter meus impulsos nas horas de euforia.

Professor Norberto, pelo apoio ao longo do projeto.

Ao Programa de Pós Graduação do IGC/UFMG, principalmente ao Professor Gilberto Costa, pelo apoio que me foi dado durante estes dois anos.

Bolsistas Filipe Nunes da Silva (Caladinho) e Augusto Fonseca Fernandes (Marrento) pelo apoio nos ensaios de laboratório e nos trabalhos de campo.

Ataíde de Oliveira, que detém o direito de exploração da Lavra do Tatu, pela boa vontade e interesse em nos ajudar nos trabalhos realizados no local, bem como aos garimpeiros Gordurinha, Divino, Galego e Vaguinho que nos ajudaram nas “lavagens” no Ribeirão dos Gomes.

Geóloga Nilza Helena Quintão, detentora do alvará de pesquisa da Lavra da Posse por nos ter permitido desenvolver os estudos nas áreas fonte da Posse e Caracol e ao longo do Ribeirão Brejaúba e ao garimpeiro Antônio (Assassino) pelo apoio nas prospecções no sistema fluvial.

Ao José Baiano, que explora a Lavra do Cipó, pelo apoio nos estudos no Córrego Cipó e Rio Maracujá e aos garimpeiros Nego, Dico e Sérgio, que encontramos ao longo do nosso projeto no Rio Maracujá.

Ao Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – CEFET/MG, em especial ao Professor Márcio Basílio, pelo apoio e incentivo à minha Pós Graduação.

À FAPEMIG, pelo apoio financeiro parcial através do Projeto 12966 no biênio fevereiro/2008 a fevereiro/2010.

RESUMO

O projeto desenvolve uma metodologia, pouca utilizada, para a prospecção de gemas, focando a determinação do local da área fonte, através do desgaste superficial de gemas no sistema fluvial. Escolheu-se como estudo de casos a água marinha de Tatu, a ametista e a água marinha de Brejaúba e o topázio imperial de Cachoeira do Campo. A pesquisa consiste em coleta de amostras no campo, na área fonte e em distâncias predeterminadas ao longo do sistema fluvial que corta tal área fonte. O desgaste superficial destas amostras foi determinado na lupa binocular e, em casos específicos, no microscópio óptico. Posteriormente os minerais obtidos na área fonte foram colocados em um *tumbler*, com sedimentos coletados no próprio sistema fluvial, promovendo-se então ao desgaste superficial das amostras no laboratório. Os desgastes dos minerais gemológicos retiradas do *tumbler* foram comparados com aqueles das amostras obtidas no campo. O *tumbler* foi aferido com a ametista de Brejaúba e água marinha de Tatu, determinando a proporção entre o percurso da gema no equipamento e no sistema fluvial. Foi estudado ainda, a influência das características hidrodinâmicas (influência da forma do mineral), dos defeitos cristalográficos e da variação de classes granulométricas no desgaste dos minerais -gemas. Desta forma foram criados padrões de desgaste superficial que identificam, de forma aproximada, a distância da amostra encontrada da sua fonte. A prospecção apresentada poderá auxiliar na detecção da área fonte de minerais gemológicos no sistema fluvial, cuja origem geográfica é desconhecida.

ABSTRACT

The research presents a seldom utilized method for prospecting precious stones, aiming to determine the source area of a specific gem based on its surface wear in a fluvial system. As case studies the research choosed aqua marine from Tatu, amethyst and aqua marine from Brejaúba, and imperial topaz from Cachoeira do Campo. It consists in collecting specimens in the field, at a known source area and at pre-determined distances along the fluvial system that cuts this source area. The surface wear of these specimens have been analyzed with a binocular loop and in specific cases with the optical microscope. The collected specimens in the source area, together with sediments of this specific fluvial system have been filled together in a *tumbler*. Their surface wear, similar to the procedure in the field was determined by comparison under the binocular loop/optical microscope. The wear in a natural system and that of the *tumbler* showed that distances are not compatibles. The *tumbler* was “standardized” based on the wear of amethyst from Brejaúba and aqua marine from Tatu, thus determining the distance proportion between the natural fluvial system and the *tumbler*. The influence of hydrodynamic properties, crystallographic defects and granulometric class distribution on the wear of gems, have been studied too. Consequently wear patterns (graphics) for specific gems, under specific conditions have been established, that identify, approximately, the distance to their source area. This prospecting method can help to detect an unknown source area of gems in a fluvial system based on the surface wear and the established graphics.

SUMÁRIO

RESUMO	v
ABSTRACT	v
1- INTRODUÇÃO	01
1.1- Objetivos	01
1.2- Metodologia	02
1.3- Impacto social	03
2- FUNDAMENTAÇÃO	03
2.1- Considerações sobre o desgaste fluvial de minerais gemológicos	03
2.2- Processos experimentais <i>versus</i> processos naturais	10
3- MATERIAIS E MÉTODOS	12
3.1- <i>Tumbler</i>	12
3.2- Outros materiais	14
4- CAMPO <i>VERSUS</i> LABORATÓRIO	16
4.1- Desenvolvimento das curvas de desgaste	17
4.2- Estudo das variáveis	19
4.2.1- Variável 1 - Coeficiente hidrodinâmico – Influência da forma	19
4.2.2- Variável 2 - Defeitos cristalográficos	24
4.2.3- Variável 3- Variação das classes granulométricas	31
5- ESTUDO DE CASOS	33
5.1- Ametista de Brejaúba objetivando a aferição do <i>tumbler</i>	33
5.2- Água marinha: Tatu	36
5.2.1- Localização	36
5.2.2- Geologia local	37
5.2.3- Análise mineralógica	37
5.2.4- Procedimentos de campo	37
5.2.5- Amostras de campo	38
5.2.6- Desgaste em laboratório	40
5.2.7- Resultados obtidos	42
5.3- Água marinha: Brejaúba	45
5.3.1- Localização	45
5.3.2- Geologia local	47

5.3.3- Análise mineralógica	47
5.3.4- Procedimentos de campo	48
5.3.5- Amostras de campo	50
5.3.6- Desgaste em laboratório	55
5.3.7- Resultados obtidos	58
5.4- Topázio Imperial: Cachoeira do Campo	61
5.4.1- Localização	61
5.4.2- Geologia local	62
5.4.3- Análise mineralógica	62
5.4.4- Procedimentos de campo	62
5.4.5- Amostras de campo	63
5.4.6- Desgaste em laboratório	65
5.4.7- Resultados obtidos	68
6- MODELAMENTO MATEMÁTICO	71
7- CONCLUSÕES	73
8- BIBLIOGRAFIA	78

LISTAS DE FIGURAS

Figura 1 - O interior de um <i>tumbler</i> mostrando o regime de cascata	13
Figura 2a, 2b, 2c - <i>Tumbler</i> simples, <i>tumbler</i> duplo e <i>tumbler</i> triplo	13
Figura 3 - Curva de desgaste artificial da ametista	18
Figura 4 - Curva de desgaste artificial do crisoberilo	18
Figura 5 - Curva de desgaste artificial da granada	18
Figura 6 - Curva de desgaste artificial do topázio	19
Figura 7 - Curva de desgaste artificial da esmeralda	19
Figura 8 - Curva de desgaste artificial do crisoberilo monocristal e geminado -1	20
Figura 9 - Curva de desgaste artificial do crisoberilo monocristal e geminado -2	20
Figura 10 - Curva comparativa de desgaste artificial do crisoberilo monocristal e geminado - 3	21
Figura 11a, 11b - Monocristal de crisoberilo e crisoberilo geminado antes (a) e depois (b) do desgaste	22
Figura 12a, 12b - Água marinha anédrica e euédrica antes (a) e depois (b) do desgaste	23
Figura 13 - Curva de desgaste artificial da água marinha - Brejaúba anédrica e euédrica	23
Figura 14a, 14b - Granada anédrica e euédrica antes (a) e depois (b) do desgaste	24
Figura 15 - Curva de desgaste artificial da granada anédrica e euédrica do RN	24
Figura 16a, 16b - Turmalina euédrica e anédrica antes (a) e depois (b) do desgaste	24
Figura 17 - Curva de desgaste artificial das turmalinas euédrica e anédrica	24
Figura 18 - Comparação da Lavra em 1992, quando da publicação do artigo e 2007, quando foram realizados os processos de prospecção da alexandrita no sistema fluvial.	25
Figura 19 - Detalhe da zona de cisalhamento onde foi formada a alexandrita de Esmeralda de Ferros	25
Figura 20a, 20b - Alexandrita de Esmeralda de Ferros e de Carnaíba antes (a) e depois (b) do desgaste com aumento de 20 x	26
Figura 21 - Curvas de desgaste das alexandritas de Esmeralda de Ferros e de Carnaíba	26
Figura 22 - Curvas de desgaste das alexandritas de Esmeralda de Ferros e Carnaíba	27
Figura 23 - Comparativo do desgaste das alexandritas de Esmeralda de Ferros (1) e de Carnaíba (2)	27
Figura 24a, 24b - Granada de Esmeralda de Ferros e do RN antes (a) e depois (b) do desgaste	28
Figura 25 - Curva de desgaste artificial da granada de Esmeralda de Ferros e da granada do RN	28
Figura 26a, 26b - Ametista e citrino antes (a) e depois (b) do desgaste	28
Figura 27 - Curva de desgaste artificial da ametista do R.S. e do citrino obtido pelo tratamento térmico da ametista do RS	29
Figura 28a, 28b - Estauroлита de Governador Valadares e de Araçuaí antes (a) e depois (b) do desgaste	29
Figura 29 - Curva de desgaste artificial das Estauroлитas de Governador Valadares e de Araçuaí	30
Figura 30 - Ametista da área fonte	34
Figura 31 - Ametista do sistema fluvial a 500m da área fonte	34
Figura 32 - Ametista desgastada no <i>tumbler</i> a 5.000m	35
Figura 33 - Ametista do sistema fluvial (1) a 500m da área fonte e ametista desgastada no <i>tumbler</i> (2) a 5.000m	35
Figura 34 “a” a 34 “f” - Ametista a 100m (a), 200m (b), 300m (c), 400m (d), 5000m	35

(e) obtida no <i>tumbler</i> e ametista a 500m coletada no sistema fluvial (f)	
Figura 35 - Localização da Lavra do Tatu	36
Figura 36 - Ribeirão dos Gomes	38
Figura 37 - Amostras da área fonte (1), 200m (2), 400m (3) e 800m (4) de Tatu	39
Figura 38 “a” a 38 “d” - Amostra da área fonte (a), amostra a 200m (b), 400m (c) e 800m (d) de Tatu com aumento de 20x	39
Figura 39 - Amostra de 200m (1) do sistema fluvial de 2.000m (2) obtida no <i>tumbler</i>	41
Figura 40 - Curvas de desgaste artificial da água marinha de Tatu	41
Figura 41 - Amostra de 400m (1) do sistema fluvial de 4.000m (2) obtida no <i>tumbler</i>	42
Figura 42 - Amostra de 800m (1) do sistema fluvial de 8.000m (2) obtida no <i>tumbler</i>	42
Figura 43 “a” a 43 “e” - Água marinha da área fonte (a) e 200m (b), 400m (c), 600m (d) e 800m (e) desgastada no <i>tumbler</i> com aumento de 50x	43
Figura 44 - Escala Padrão de Desgaste da Água Marinha de Tatu	44
Figura 45 - Localização da Lavra da Posse e da Lavra do Caracol	46
Figura 46 - Lavra da Posse, Lavra do Caracol, Ribeirão Brejaúba e Rio do Peixe	46
Figura 47a - Pontos lavados no Córrego da Posse (1) e Ribeirão Brejaúba (2 e 3)	49
Figura 47b - Pontos lavados no Ribeirão Brejaúba (4 e 6) e no Córrego Caracol (5)	49
Figura 48 - Água marinha da área fonte da Lavra da Posse e da Lavra do Caracol	51
Figura 49 - Água marinha a 300m da Lavra da Posse	51
Figura 50 - Água marinha a 600m da Lavra da Posse	51
Figura 51 - Água marinha a 1.050m da Lavra da Posse	52
Figura 52 - Água marinha a 1.500m da Lavra da Posse	52
Figura 53 - Água marinha a 2.500m da Lavra da Posse	52
Figura 54 - Água marinha a 3.000m da Lavra da Posse	53
Figura 55 - Água marinha a 1.000m da Lavra do Caracol	53
Figura 56 - Água marinha a 1.200m da Lavra do Caracol (1) e 3.200m da Lavra da Posse (2)	53
Figura 57 - Água marinha 3.000m da Lavra do Caracol (1) e a 5.000m da Lavra da Posse (2)	54
Figura 58 - Água marinha a 4.000m da Lavra do Caracol (1) e a 6.000m da Lavra da Posse (2)	54
Figura 59 - Amostras de água marinha (com aumento de 50 x) encontrada no Ribeirão Brejaúba, juntas, sendo a 3.200m da Lavra da Posse (1)- a 1.200m da Lavra do Caracol (2)	54
Figura 60 - Curva de desgaste artificial da água marinha de Brejaúba	56
Figura 61 - Curva de desgaste da água marinha de Brejaúba	56
Figura 62 “a” - Água Marinha – área fonte da Posse com aumento de 50x	57
Figura 62 “b” - Água marinha – área fonte do Caracol com aumento de 50x	57
Figura 62 “c” - Água marinha desgastada no <i>tumbler</i> a 500m com aumento de 50x	57
Figura 62 “d” - Água marinha desgastada no <i>tumbler</i> a 1.000m com aumento de 50x	57
Figura 62 “e” - Água marinha desgastada no <i>tumbler</i> a 1.500m com aumento de 50x	57
Figura 62 “f” - Água marinha desgastada no <i>tumbler</i> a 2.000m com aumento de 50x	57
Figura 62 “g” - Água marinha desgastada no <i>tumbler</i> a 2.500m com aumento de 50x	58
Figura 62 “h” - Água marinha desgastada no <i>tumbler</i> a 3.000m com aumento de 50x	58
Figura 63 - Escala Padrão de Desgaste da Água Marinha de Brejaúba	59
Figura 64 - Córrego da Posse	60
Figura 65 - Ribeirão Brejaúba	60
Figura 66 - Lavra do Caracol	60
Figura 67 - Localização da Lavra do Cipó	61

Figura 68 “a” - Amostra de topázio da área fonte	63
Figura 68 “b” - Amostra de topázio a 800m da área fonte	63
Figura 68 “c” - Amostra de topázio a 1.400m da área fonte	63
Figura 68 “d” - Amostra de topázio a 2.500m da área fonte	63
Figura 68 “e” - Amostra de topázio a 4.000m da área fonte	64
Figura 68 “f” - Amostra de topázio a 5.000m da área fonte	64
Figura 68 “g” - Amostra de topázio a 6.000m da área fonte	64
Figura 68 “h” - Amostra de topázio a 8.000m da área fonte	64
Figura 68 “i” - Amostra de topázio a 9.000m da área fonte	64
Figura 68 “j” - Amostra de topázio a 10.000m da área fonte	64
Figura 69 - Topázio a 3.000m com destaque para o desgaste da pirâmide	65
Figura 70 - Topázio a 4.000m com destaque para as linhas de clivagem	65
Figura 71 - Topázio imperial da área fonte com aumento de 50x	66
Figura 72 - Topázio imperial encontrado a 3.000m com aumento de 50x	66
Figura 73 - Topázio imperial encontrado a 5.000m com aumento de 50x	66
Figura 74 - Topázio imperial encontrado a 10.000m com aumento de 50x	66
Figura 75 - Curva de desgaste artificial do topázio imperial de Cachoeira do Campo peso x distância	67
Figura 76 - Curva de desgaste artificial do topázio imperial de Cachoeira do Campo porcentagem de peso x distância	68
Figura 77 - Escala Padrão de Desgaste do Topázio Imperial de Cachoeira do Campo	69
Figura 78a - Detalhe da Lavra do Cipó (1) e do Córrego Cipó (2)	70
Figura 78b - Detalhe do o Rio Maracujá (3)	70
Figura 79 - Gráfico da função logarítmica	71
Figura 80 - Modelamento matemático da água marinha de Brejaúba	72

LISTAS DE TABELAS

Tabela 1 - Especificações dos três <i>tumblers</i> utilizados nos testes	14
Tabela 2 - Modelo de tabela do desgaste artificial dos minerais-gemas	15
Tabela 3 - Especificações da lupa binocular	15
Tabela 4 - Dados referentes ao desgaste artificial dos minerais gemas para a determinação das curvas de desgaste	17
Tabela 5 - Dados comparativos dos ensaios da variável coeficiente hidrodinâmico	24
Tabela 6 - Dados comparativos dos ensaios da variável defeitos cristalográficos / Influência da forma	30
Tabela 7 - Perda de peso conforme a variação de sedimentos	32
Tabela 8 - Desgaste artificial da ametista de Brejaúba	34
Tabela 9 - Desgaste artificial da água marinha de Tatu	40
Tabela 10 - Desgaste artificial da água marinha de Brejaúba	55
Tabela 11 - Desgaste artificial do topázio imperial de Cachoeira do Campo	67

LISTAS DE PRANCHAS

Prancha 1 - Água Marinha de Tatu - Comparação do desgaste natural (Sistema Fluvial – S.F.) com o artificial (<i>Tumbler</i> – Tu.)	74
Prancha 2 – Água Marinha de Brejaúba - Comparação do desgaste natural (Sistema Fluvial – S.F.) com o artificial (<i>Tumbler</i> – Tu.)	75
Prancha 3 - Topázio Imperial - Comparação do desgaste natural (Sistema Fluvial – S.F.) com o artificial (<i>Tumbler</i> – Tu.)	76

