



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA

FRANCISCO DIONES OLIVEIRA SILVA

**AVALIAÇÃO DA COR E TAXA DE EXALAÇÃO DE RADÔNIO EM ROCHAS
GRANÍTICAS ENTRE CICLOS DE ENVELHECIMENTO ACELERADO**

FORTALEZA

2016

FRANCISCO DIONES OLIVEIRA SILVA

AVALIAÇÃO DA COR E TAXA DE EXALAÇÃO DE RADÔNIO EM ROCHAS
GRANÍTICAS ENTRE CICLOS DE ENVELHECIMENTO ACELERADO

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geologia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de doutor em Geologia.

Orientador: Prof. Dr. José de Araújo Nogueira Neto.

FORTALEZA

2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- S58a Silva, Francisco Diones Oliveira.
 Avaliação da Cor e Taxa de Exalação de Radônio em Rochas Graníticas entre Ciclos de Envelhecimento Acelerado / Francisco Diones Oliveira Silva. – 2016.
 157 f. : il. color.
- Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Programa de Pós-Graduação em Geologia, Fortaleza, 2016.
 Orientação: Prof. Dr. José de Araújo Nogueira Neto.
1. Radônio. 2. Envelhecimento Acelerado. 3. Rochas Ornamentais. I. Título.

CDD 551

FRANCISCO DIONES OLIVEIRA SILVA

**AVALIAÇÃO DA COR E TAXA DE EXALAÇÃO DE RADÔNIO EM ROCHAS
GRANÍTICAS ENTRE CICLOS DE ENVELHECIMENTO ACELERADO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geologia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de doutor em Geologia. Área de concentração: Geodinâmica e Recursos Minerais

Aprovada em: ____/____/____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. José de Araújo Nogueira Neto (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dra. Irani Clezar Mattos
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dr. Francisco Wilson Hollanda Vidal
CETEM

Prof. Dr. Johnson Fernandes Nogueira
Universidade Federal do Piauí (UFPI)

Prof. Dr. José Agnelo Soares
Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)

A Deus.

A minha esposa Cleudiane Fontenele.

AGRADECIMENTOS

À CAPES, pelo apoio financeiro com a bolsa de estudos nos exterior, processo PDSE nº 9798/12-9, que foi fundamental para a realização dos ensaios da tese.

Ao CNEN, pelo apoio financeiro e manutenção da bolsa de estudos durante o período de doutorado no Brasil.

A hoje esposa Cleudiane Fontenele que apoiou e teve paciência para aguentar todo o longo período de doutorado.

Aos meus pais que desde que entrei no curso de geologia, em 2004, apoiaram e ajudaram no aprendizado da vida.

Ao Dr. José de Araújo Nogueira Neto, por ter orientado e paciência no período de desenvolvimento da tese, sobretudo no apoio e indicativos em Portugal, juntamente com a Dr Martha.

Aos professores e co-orientadores em Portugal, Dr. Carlos Figueiredo e Dr. Antônio Maurício que apoiaram e auxiliaram na pesquisa com os ensinamentos e laboratórios do Instituto Superior Técnico.

Ao professor Dr. Alcides Pereira que cedeu o espaço do laboratório de radioatividade natural da Universidade de Coimbra-Portugal, que foi imprescindível para a medições de “Radão” (radônio), fundamento da tese.

Aos amigos, hoje doutores, Dr Igor Clemente e Dr. Thiago Motta , companheiros na república “Cearense e Capixaba” durante os 9 meses de pesquisa e vinho no período que estive em Portugal.

Aos professores do departamento de Geologia, principalmente Cesar, Tereza, Irani, Afonso, Wellington que sempre estiverem presentes no aprendizado da geologia.

Aos amigos geólogos Cecilio, Joni, Agnaldo, Joel, Leal, Jackson, Daniel, Leiliane,, Glória, Wollker, e quase geólogos Kezia, Vanessa, Suely.

*“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor,
mas lutei para que o melhor fosse feito. Não
sou o que deveria ser, mas Graças a Deus,
não sou o que era antes”.*

Martin Luther King Jr.

RESUMO

Na presente tese estão dispostos os principais dados que serão utilizados para a avaliação de resultados das análises realizadas em três tipos amostras de rocha (Juparana Bordeaux, Branco Nevasca e Golden Ártico) em seu estado natural e após diversos ciclos de envelhecimento acelerado, correlacionando com a taxa exalação de gás radônio emitido pelas litologias analisadas. As amostras utilizadas foram cedidas pela empresa Granos S/A, onde foram efetuados ensaios de permeabilidade, porosidade, colorimetria, análise de imagem, petrografia e exalação de gás radônio, acompanhados de ensaios de envelhecimento em uma câmara de simulação climática e atmosférica saturada em SO₂, onde simula situações de alteração de matérias por agentes intempéricos, acelerando a desgaste natural das amostras. Foram realizadas medidas nos ensaios de amostras em seu estado natural, com 50 ciclos e 100 ciclos de aceleração de envelhecimento, onde cada ciclo corresponde a variações de temperatura e umidade relativa interna nada câmara, com adição de uma atmosfera interna de SO₂ com concentração de 25 ppm. Os resultados adquiridos durante os ensaios foram correlacionados para melhor avaliar a alteração sofrida pelas amostras e variação na taxa de exalação de radônio emitida. Na análise de concentração de radônio, as rochas apresentaram valores acima dos limites sugeridos por normas de entidades internacionais (200-400 Bq/m³). Em média as amostras exibiram, no estado natural, valores de 6149, 1619 e 866 Bq/m³ para o Juparana Bordeaux, Branco Nevasca e Golden Ártico, respectivamente. Em relação aos outros ciclos de envelhecimento (50 e 100 ciclos), obteve em média aumento de 0,8% para Juparana Bordeaux, 6,9% para Branco Nevasca e redução de 23,87% para o Golden Ártico, com 50 ciclos. De 50 para 100 ciclos, houve redução de 3,43% para o Juparana Bordeaux, de 22,15% para o Branco Nevasca e um aumento de 13,82% para o Golden Ártico. Nos resultados de porosidade, no estado natural obteve valores em media de 0,696% para Juparana Bordeaux, 0,919% para Branco Nevasca e 0,830% para Golden Ártico e, após 50 ciclos de envelhecimento, obteve 0,621% para Juparana Bordeaux, 0,910% para Branco Nevasca e 0,840% para Golden Ártico. A permeabilidade nas amostras apresentaram valores no estado natural, em mDarcy, de 1,49E⁻⁴ para Juparana Bordeaux, 3,41E⁻⁴ para Branco Nevasca e 1,56E⁻⁴ para o Golden Ártico, sendo que em 100 ciclos os resultados obtidos foram de 4,92E⁻⁴ para Juparana Bordeaux, 4,72E⁻⁴ para Branco Nevasca e 4,88E⁻⁴ para Golden Ártico. A análise de imagem e colorimetria mostraram que as amostras apresentaram visualmente variações pouco significativas na cor durante os ciclos de alteração. Com estes resultados, considera-se que após os ciclos de envelhecimento acelerado, as rochas estudadas apresentaram aumento na maioria dos parâmetros analisados, principalmente em permeabilidade, e um consequente aumento na taxa de exalação de gás radônio.

Palavras chaves: Radônio. Envelhecimento Acelerado. Rochas Ornamentais.

ABSTRACT

In this thesis are willing data used for the assessment of the analyzes performed on three types of dimension stone (Juparana Bordeaux, Branco Nevasca and Golden Ártico), in natural state and after several cycles of accelerated aging, correlating with the gas exhalation rate radon issued by the analyzed lithologies. In the samples were conducted permeability, porosity, colorimetry, image analysis, petrographic and exhalation rate of radon, accompanied by aging tests on climate simulation chamber which simulates change situations of materials by weathering agents, accelerating wear and tear samples. The measurements were performed on samples in natural state, with 50 and 100 cycles of aging acceleration, where each cycle corresponds to variations in temperature and humidity in climatic simulation chamber, with the addition of an internal atmosphere of SO₂ with 25 concentration ppm. The results obtained during the tests were related to better analysis of the changes observed on the samples and the variation rate of exhalation radon emitted. The rocks have radon concentration values above the limits suggested by relevant international agencies (200-400 Bq/m³), with average values in the natural state, in 6149, 1619 and 866 Bq/m³ for Juparana Bordeaux, Branco Nevasca and Golden Arctic, respectively. The other aging cycles (50 and 100 cycles) showed an average increase of 0.8% for Juparana Bordeaux, 6.9% for White Blizzard and -23.87% for the Golden Arctic, with 50 cycles. From 50 to 100 cycles, there was reduction of 3.43% for Juparana Bordeaux and 22.15% for Branco Nevasca and an increase of 13.82% in the Golden Ártico. The porosity results in the natural state obtained values an average of 0.696% for Juparana Bordeaux, 0.919% for Branco Nevasca and 0.830% for Golden Ártico, and after 50 cycles of accelerated aging, obtained 0.621% to Juparana Bordeaux, 0.910% for Branco Nevasca and 0.840% for Golden Ártico. The permeability of the samples showed values in the natural state, in mDarcy, of $1,49E^{-4}$ to Juparana Bordeaux, $3,41E^{-4}$ to Branco Nevasca and $1,56E^{-4}$ for the Golden Ártico, and in 100 cycles, the results were $4,92E^{-4}$ to Juparana Bordeaux, $4,72E^{-4}$ to Branco Nevasca and $4,88E^{-4}$ for Golden Ártico. The image analysis and colorimetry showed that the samples visually showed minor variations in color during the accelerated aging cycles. With these results we it is considered that after accelerated aging cycles, the rocks studied showed an increase in most parameters assessed, especially in permeability, and a consequent increase in the rate of exhalation gas radon.

Keywords: Radon. Accelerated Aging. Dimension Stones.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Equipamentos utilizados para a confecção dos corpos de prova nos ensaios de caracterização.	20
Figura 2.2 – Tipos de contatos entre os minerais que foram considerados para a análise qualitativa.	22
Figura 2.3 – Espectrofotômetro CM 508i da MINOLTA do CEPGIST – IST de Portugal.	25
Figura 2.4 – Imagens das placas do Juparana Bordeaux (esquerda), Branco Nevasca (centro) e Golden Ártico (direita) com o gabarito, círculos indicando onde foram realizadas as medidas.	26
Figura 2.5 – Plugins Color Inspector 3D utilizado para as visualizações das cores das placas digitalizadas e sua avaliação mudança de cor durante os ciclos de envelhecimento.	29
Figura 2.6 – Representação em 3 dimensões de todas as cores analisadas pelo Color Inspector 3D da imagem da placa analisada.	30
Figura 2.7 – Representação em 3 dimensões das cores analisadas e formadas em agrupamentos de 50 cores pelo Color Inspector 3D da imagem da placa analisada.	31
Figura 2.8 – Imagem o permeametro a gás GP-M100A da PMI, no Laboratório da CEPGIST – IST Lisboa – Portugal.	32
Figura 2.9 – Amostras de rochas utilizadas no permeametro GP-M100A da PMI, no Laboratório da CEPGIST.	32
Figura 2.10 – Porosímetro por intrusão de mercúrio AutoPore III 9420, no Laboratório da CEPGIST – IST Lisboa – Portugal.	34
Figura 2.11 – Corpos de prova para o ensaio de porosidade por intrusão de mercúrio.	36
Figura 2.12 – Câmara Climática FITOCLIMA 300 EDTU, no Laboratório da CEPGIST – IST Lisboa – Portugal.	38
Figura 2.13 – Imagem dos contentores de armazenamento de amostras para a leitura no AlphaGUARD. LRN – Universidade de Coimbra.	39
Figura 3.1 – A amostra do Bordeaux apresenta coloração vermelha, clara e escura, a marrom avermelhada, estrutura pegmatítica com cristais apresentando tamanho de 4 mm a até 3 cm em alguns locais da rocha.	41

Prancha 3.1 – Fotomicrografia do Juparana Bordeaux, mostrando as principais características dos minerais presentes no pegmatito, de composição mineralógica: composta de quartzo (Qz), plagioclásio (Pl) microclina (Mc), biotita (Bt), opacos (hematita) (Op), zircão (Zrn), alanita (Al), e feições como fraturas (Fr) e produtos de alteração (At). Objetivas de 5X (500 e 250 µm), 10X (200 µm). Luz Polarizada – 2, 4, 5, 6 e 8. Luz natural – 1, 3 e 7.	44
Figura 3.2 – A rocha apresenta coloração branca a acinzentada, com textura equigranular, compostas principalmente por plagioclásio (albita), quartzo e muscovita, com granulometria que varia em média de 4 a 8 mm, mostrando uma distribuição regular do tamanho dos minerais na rocha.....	45
Prancha 3.2 – Fotomicrografia do Branco Nevasca, mostrando as principais características dos minerais presentes no albita granito, de composição mineralógica: composta de quartzo (Qz), plagioclásio (Pl), microclina (Mc), K-feldspato (Kfs), sericita (Ser), muscovita (Ms), apatita (Ap) e granada (Grt). Objetivas de 5X (500 e 250 µm), 10X (200 µm). Luz Polarizada – 2, 4, 5, 6 e 8. Luz natural – 1, 3 e 7.	48
Figura 3.3 – A rocha apresenta estrutura levemente orientada, marcada pela orientação de minerais micaceos (biotita e muscovita), com cristais variam de 1mm a até 1,5 cm e coloração branca com zonas com de cor amarelada a vermelho amarelada.	49
Prancha 3.3 – Fotomicrografia do Golden Ártico, mostrando as principais características dos minerais presentes no gnaiss granoblástico, de composição mineralógica: composta de quartzo (Qz), plagioclásio (Pl), microclina (Mc), K-feldspato (Kfs), muscovita (Ms), apatita (Ap) e granada (Grt). Objetivas de 5X (500 e 250 µm), 10X (200 µm). Luz Polarizada – 1, 2, 3, 4, 6, 7 e 8. Luz natural – 5.....	52
Figura 4.1 – Modelo da estrutura do sistema CIE L*a*b* para a interpretação dos dados obtidos nos campos de aquisição das placas. (MINOLTA, 2013)	54
Figura 5.1 – Imagem exibindo a variação das cores na amostra B01 do Juparana Bordeaux, no estado natural e após 50 e 100 ciclos.	69
Figura 5.2 – Imagem exibindo a variação das cores na amostra B03 do Juparana Bordeaux, no estado natural e após 50 e 100 ciclos.	70
Figura 5.3 – Imagem exibindo a variação das cores na amostra B04 do Juparana Bordeaux, no estado natural e após 50 e 100 ciclos.	71

Figura 5.4 – Imagem exibindo a variação das cores na amostra B05 do Juparana Bordeaux, no estado natural e após 50 e 100 ciclos.	72
Figura 5.5 – Imagem exibindo a variação das cores na amostra B06 do Juparana Bordeaux, no estado natural e após 50 e 100 ciclos.	73
Figura 5.6 – Imagem exibindo a variação das cores na amostra BN02 do Branco Nevasca, no estado natural e após 50 e 100 ciclos.	75
Figura 5.7 – Imagem exibindo a variação das cores na amostra BN03 do Branco Nevasca, no estado natural e após 50 e 100 ciclos.	76
Figura 5.8 – Imagem exibindo a variação das cores na amostra BN04 do Branco Nevasca, no estado natural e após 50 e 100 ciclos.	77
Figura 5.9 – Imagem exibindo a variação das cores na amostra BN05 do Branco Nevasca, no estado natural e após 50 e 100 ciclos.	78
Figura 5.10 – Imagem exibindo a variação das cores na amostra BN06 do Branco Nevasca, no estado natural e após 50 e 100 ciclos.	79
Figura 5.11 – Imagem exibindo a variação das cores na amostra G01 do Branco Nevasca, no estado natural e após 50 e 100 ciclos.	81
Figura 5.12 – Imagem exibindo a variação das cores na amostra G03 do Branco Nevasca, no estado natural e após 50 e 100 ciclos.	82
Figura 5.13 – Imagem exibindo a variação das cores na amostra G04 do Branco Nevasca, no estado natural e após 50 e 100 ciclos.	83
Figura 5.14 – Imagem exibindo a variação das cores na amostra G05 do Branco Nevasca, no estado natural e após 50 e 100 ciclos.	84
Figura 5.15 – Imagem exibindo a variação das cores na amostra G06 do Branco Nevasca, no estado natural e após 50 e 100 ciclos.	85

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 2.1 - Gráfico da variação de temperatura e humidade relativa do ar no decorrer de um ciclo de 14,5 h não esta citado no texto.....	38
Gráfico 4.1 – Gráficos dos valores de ΔE dos campos de aquisição das 6 placas do Juparana Bordeaux analisadas após 50 e 100 ciclos de alteração acelerada.	55
Gráfico 4.2 – Gráficos dos valores de ΔE dos campos de aquisição das 6 placas do Golden Ártico analisadas após 50 e 100 ciclos de alteração acelerada.	57
Gráfico 4.3 – gráficos dos valores de ΔE dos campos de aquisição das 6 placas do Branco Nevasca analisadas após 50 e 100 ciclos de alteração acelerada.	59
Gráfico 5.1 - Gráficos dos níveis de cinza encontrados nas amostras do Juparana Bordeaux, no estado natural e após 50 e 100 ciclos	63
Gráfico 5.2 - Gráficos dos níveis de cinza encontrados nas amostras do Branco Nevasca, no estado natural e após 50 e 100 ciclos.	65
Gráfico 5.3 - Gráficos dos níveis de cinza encontrados nas amostras do Golden Ártico, no estado natural e após 50 e 100 ciclos.	67
Gráfico 6.1 – Valores, em percentual, da porosidade das amostras do Juparana Bordeaux no estado natural e após 50 ciclos de alteração acelerada.	88
Gráfico 6.2 – Valores do diâmetro médio dos poros (Área) das amostras do Juparana Bordeaux no estado natural e após 50 ciclos de alteração acelerada.	89
Gráfico 6.3 – Valores em percentual de porosidade das amostras do Branco Nevasca no estado natural e após 50 ciclos de alteração acelerada.	90
Gráfico 6.4 – Valores do diâmetro médio dos poros (área) das amostras do Branco Nevasca no estado natural e após 50 ciclos de alteração acelerada.	90
Gráfico 6.5 – Valores em percentual de porosidade das amostras do Golden Ártico no estado natural e após 50 ciclos de alteração acelerada.	91
Gráfico 6.6 – Valores do diâmetro médio dos poros (Área) das amostras do Golden Ártico no estado natural e após 50 ciclos de alteração acelerada.	92
Gráfico 6.7 – Gráfico dos valores de fluxo de gás N_2 x pressão de injeção do gás encontrada para as amostras do Juparana Bordeaux no estado natural e após 50 e 100 ciclos de alteração acelerada.	93
Gráfico 6.8 – Gráfico dos valores de permeabilidade x pressão de injeção de gás encontrados para as amostras do Juparana Bordeaux no estado natural e após 50 e 100 ciclos de alteração acelerada.	94

Gráfico 6.9 – Gráfico dos valores de fluxo de gás N ₂ x pressão de injeção de gás encontrada para as amostras do Branco Nevasca, no estado natural e após 50 e 100 ciclos de alteração acelerada.	95
Gráfico 6.10 – Gráfico dos valores de permeabilidade x pressão de injeção de gás encontrados para as amostras do Branco Nevasca, no estado natural e após 50 e 100 ciclos de alteração acelerada.	95
Gráfico 6.11 – Gráfico dos valores de fluxo de gás N ₂ x pressão de injeção de gás encontrados para as amostras do Golden Ártico, no estado natural e após 50 e 100 ciclos de alteração acelerada.	96
Gráfico 6.12 – Gráfico dos valores de permeabilidade x pressão encontrados para as amostras do Golden Ártico, no estado natural e após 50 e 100 ciclos de alteração acelerada.	97
Gráfico 7.1 - Variação da concentração de radônio (em Bq/m ³) das amostras do Juparana Bordeaux durante os ciclos de envelhecimento acelerado.	100
Gráfico 7.2 - Variação dos fluxos de radônio (em Bq/m ² /h e Bq/h) das amostras do Juparana Bordeaux durante os ciclos de envelhecimento acelerado.	101
Gráfico 7.3 - Variação da concentração de radônio (em Bq/m ³) das amostras do Branco Nevasca durante os ciclos de envelhecimento acelerado.	103
Gráfico 7.4 - Variação dos fluxos de radônio (em Bq/m ² /h e Bq/h) das amostras do Branco Nevasca durante os ciclos de envelhecimento acelerado.	103
Gráfico 7.5 - Variação da concentração de radônio (em Bq/m ³) das amostras do Golden Ártico durante os ciclos de envelhecimento acelerado.	105
Gráfico 7.6 - Variação dos fluxos de radônio (em Bq/m ² /h e Bq/h) das amostras do Golden Ártico durante os ciclos de envelhecimento acelerado.	105
Gráfico 8.1 - Gráficos mostrando a relação entre valores de permeabilidade, a 15 e 30 psi, e microfissuras do Juparana Bordeaux (azul), Branco Nevasca (cinza) e Golden Ártico (amarelo).	108
Gráfico 8.2 – Relação da concentração (CR _{neq}) e fluxo de gás (F) radônio com as microfissuras no Juparana Bordeaux.	109
Gráfico 8.3 - Relação da concentração (CR _{neq}) e fluxo de gás (F) radônio com as microfissuras no Branco Nevasca.	110
Gráfico 8.4 - Relação da concentração (CR _{neq}) e fluxo de gás (F) radônio com as microfissuras no Golden Ártico.	110

Gráfico 8.5 – Correlação dos valores médios de concentração ($CR_{n_{eq}}$) e fluxo de radônio (F) com os valores médios de porosidade e permeabilidade das amostras do Juparana Bordeaux.	111
Gráfico 8.6 – Correlação dos valores médios de concentração ($CR_{n_{eq}}$) e fluxo de radônio (F) com os valores médios de porosidade e permeabilidade das amostras do Branco Nevasca.	111
Gráfico 8.7 – Correlação dos valores médios de concentração ($CR_{n_{eq}}$) e fluxo de radônio (F) com os valores médios de porosidade e permeabilidade das amostras do Golden Nevasca.	112

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – classificação de microfissuras de uma rocha baseado na quantidade por mm ² ...	24
Tabela 2.1– Tabela baseada na percepção humana para diferentes valores de ΔE empregada pela industrias de tintas, da norma DIN 6174-1979. Extraído de Silva et. al 2007.	27
Tabela 2.2 - Tabela de valores de viscosidade que podem ser utilizado no permeâmetro GP-M100A da PMI, no Laboratório da CEPGIST, sendo em destaque o utilizado está destacado.	33
Tabela 3.1 – Resumos das principais características petrográficas das rochas avaliadas.	53
Tabela 5.1 – Valores obtidos de nível de cinza das amostras do Juparana Bordeaux, no estado natural e após 50 e 100 ciclos de envelhecimento acelerado.	62
Tabela 5.2 – Valores obtidos de nível de cinza das amostras do Branco Nevasca, no estado natural e após 50 e 100 ciclos de envelhecimento acelerado.	64
Tabela 5.3 – Valores obtidos de nível de cinza das amostras do Golden Ártico, no estado natural e após 50 e 100 ciclos de envelhecimento acelerado.	66
Tabela 6.1 - Tabela de classificação dos poros segundo a IUPAC (Gregg e Sing, 1982, adaptado)	86
Tabela 7.1 - Valores obtidos de concentração de gás radônio e fluxo das amostras no estado natural, 50 e 100 ciclos de envelhecimento acelerado.	99

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	17
1.1	Objetivo.....	18
2	MATERIAIS E MÉTODOS.....	19
2.1	Materiais.....	19
2.2	Métodos.....	20
2.2.1	<i>Caracterização Petrográfica.....</i>	21
2.2.1.1	Granulação dos minerais da rocha.....	21
2.2.1.2	Tamanho Relativo dos Minerais.....	22
2.2.1.3	Relações de Contatos entre os minerais.....	22
2.2.1.4	Grau de Alteração Mineral.....	23
2.2.1.5	Densidade de Microfissuras.....	23
2.2.2	<i>Colorimetria – Sistema CIE Lab.....</i>	24
2.2.3	<i>Aquisição de imagens por escaneamento e tratamento usando o ImageJ – Color Inspector 3D.....</i>	27
2.2.4	<i>Permeabilidade por percolação de gás N².....</i>	31
2.2.5	<i>Porosimetria por Intrusão de Mercúrio.....</i>	34
2.2.6	<i>Câmara de Simulação Climática.....</i>	37
2.2.7	<i>Exalação de Gás Radônio.....</i>	39
3	PETROGRAFIA.....	41
3.1	Juparana Bordeaux.....	41
3.1.1	<i>Análise macroscópica.....</i>	41
3.1.2	<i>Análise microscópica.....</i>	42
3.2	Branco Nevasca.....	45
3.2.1	<i>Análise Macroscópica.....</i>	45
3.2.2	<i>Análise Macroscópica.....</i>	46
3.3	Golden Ártico.....	49
3.3.1	<i>Análise macroscópica.....</i>	49
3.3.2	<i>Análise Microscópica.....</i>	50
4	COLORIMETRIA – SISTEMA CIE Lab.....	54
4.1	Análises dos Valores de ΔE.....	55
4.1.1	<i>Juparana Bordeaux.....</i>	55

4.1.2	<i>Golden Ártico</i>	57
4.1.3	<i>Branco Nevasca</i>	58
5	AQUISIÇÃO DE IMAGENS POR ESCANEAMENTO E TRATAMENTO USANDO O IMAGEJ – COLOR INSPECTOR 3D	61
5.1	<i>Juparana Bordeaux</i>	61
5.2	<i>Branco Nevasca</i>	63
5.3	<i>Golden Ártico</i>	65
5.4	Avaliação das cores utilizando o Color Inspector 3D	68
5.4.1	<i>Juparana Bordeaux</i>	68
5.4.2	<i>Branco Nevasca</i>	74
5.4.3	<i>Golden Ártico</i>	80
6	POROSIDADE E PERMEABILIDADE	86
6.1	Porosidade por Intrusão de Mercúrio	86
6.1.1	<i>Juparana Bordeaux</i>	87
6.1.2	<i>Branco Nevasca</i>	89
6.1.3	<i>Golden Ártico</i>	91
6.2	Permeabilidade por percolação de gás N²	92
6.2.1	<i>Juparana Bordeaux</i>	93
6.2.2	<i>Branco Nevasca</i>	94
6.2.3	<i>Golden Ártico</i>	96
7	EXALAÇÃO DE RADÔNIO	98
7.1	Apresentação	98
7.2	<i>Juparana Bordeaux</i>	100
7.3	<i>Branco Nevasca</i>	102
7.4	<i>Golden Ártico</i>	104
8	DISCURSÃO DOS RESULTADOS	107
9	CONCLUSÕES	114
	REFERÊNCIAS	116
	ANEXOS	119

1 INTRODUÇÃO

As rochas ornamentais brasileiras destacam-se tanto no mercado nacional e internacional, mostrando qualidade e variedade, sendo utilizados os mais diversos materiais. Arenitos, granitos, gnaisses, quartzitos, mármore, gabros dentre outros tipos são utilizados como rocha ornamental de ambientes externos e internos. Segundo Vidal et. al (2013), o mercado brasileiro iniciou o desenvolvimento tecnológico de exploração de rochas ornamentais a partir dos anos 60, mas somente a partir da década de 80 que começou a se destacar como mineração.

Em 2014 as exportações brasileiras de rochas ornamentais e de revestimento totalizaram USD 1.276.785.993,00 (USD 1,28 bilhão), correspondentes a um volume físico comercializado de 2.547.185,49 t. As rochas processadas, tanto simples (produtos de ardósia, quartzitos foliados, pedra morisca, etc.), quanto especiais (chapas de granito, mármore e pedra-sabão, lajotas serradas, etc.), compuseram 79,31% do faturamento e 51,16% do total do volume físico exportado. As rochas brutas (essencialmente blocos de granito, mármore, quartzito, etc.), representaram por sua vez 20,69% do faturamento e 48,84% do volume físico do total das exportações (ABIROCHAS, 01/2015).

De janeiro a outubro de 2015, as exportações de rochas ultrapassaram USD 1 bilhão (USD 1.045 milhões) e quase atingiram 2 milhões de toneladas (1.969.062 t). As vendas de outubro (USD 104,1 milhões) foram bem superiores às de setembro (USD 91,1 milhões) e maiores que as de outubro/2014 (USD 98,2 milhões), mantendo-se, no entanto, uma taxa negativa de faturamento (-3,81%) frente ao período janeiro-outubro/2014 (ABIROCHAS, 10/2015).

Em relação a problemática do gás radônio, diversos estudos vem sendo aplicados a quantificação e caracterização do gás em rochas (ANJOS et al, 2005; ALLEN et al, 2010; MAROCCHI et al., 2011). Os resultados mostraram que vários tipos de rochas podem apresentar altas concentrações de radionuclídeos, principalmente as rochas graníticas e pegmatíticas. Como o ^{222}Rn é um gás nobre radioativo de ocorrência natural, produto do decaimento da série ^{238}U , estima-se que em muitos casos está associado a processos epidemiológicos, porque apesar de não ficar retido nas vias respiratórias, os seus filhos ^{218}Po , ^{214}Pb , ^{214}Bi e ^{214}Po são elementos metálicos que ao decaírem podem se fixar nos pulmões causando patologias importantes na área respiratória.

Com a utilização desses materiais no revestimento em residências européias e norte-americanas, e como as normas de segurança para o risco de concentração de gás radônio

(^{222}Rn) na construção novas residências são rígidas, sugerindo que os valores limites para a concentração de Rn^{222} seja de 150 a 200 Bq/m^3 , faz-se necessário o controle sobre a quantidade o material que será exportado para esses países, bem como o seu comportamento durante o desgaste que essas rochas sofrem com a ação de intemperes naturais e pela ação antrópica.

A tese vem avaliar as características físicas e a exalação de gás radônio das rochas no seu estado natural e após a exposição a ciclos de envelhecimento acelerado, através de ensaios específicos, a fim de tentar estabelecer parâmetros que auxiliem o melhor uso para esses materiais pétreos.

1.1 Objetivo

O objetivo principal da tese é de avaliar o comportamento físico e de alterabilidade de três litotipos diferentes (granito, pegmatito e gnaiss), através de ciclos de ensaios de envelhecimento acelerado, com o acompanhamento simultâneo da exalação de ^{222}Rn . Para atingir essa avaliação, certos objetivos específicos foram utilizados para uma melhor caracterização da alterabilidade das rochas. Esses objetivos específicos são:

1. Realizar a análise petrográfica das rochas, necessária para caracterizar a composição mineralógica da rocha, sua textura, estrutura, relação de contatos, grau de microfissuramento e alteração mineral;
2. Utilizar ensaios em câmara de simulação climática e com atmosfera saturada em SO_2 para acelerar e simular as alterações que as rochas poderão sofrer durante o tempo;
3. Realizar a análise de imagem e colorimetria das rochas para avaliar as alterações das cores e estética da rocha durante os ciclos de envelhecimento acelerado, utilizando o software ImageJ.
4. Realizar análise de permeabilidade e porosidade, através de ensaios de que permitam quantificar com maior precisão esses parâmetros;
5. Realizar ensaios de exalação de gás radônio e comparar com os parâmetros da rocha, citados acima, em seu estado natural e após os ciclos de envelhecimento acelerado, avaliando os parâmetros obtidos para identificar os processos de alteração que possibilitam ou não uma maior liberação de ^{222}Rn .

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Materiais

Para realizar os ensaios para a caracterização e exalação de radônio em diferentes ciclos de envelhecimento acelerado, foram selecionadas 3 rochas que possuem características em apresentar maior concentração de radioelementos naturais, dentre eles o Rn^{222} que é o único elemento volátil da série de decaimento do U^{238} . As amostras de rochas foram cedidas pela empresa Granos S/A e são: Pegmatito de coloração vermelha (Juparana Bordeaux), um albita granito (Branco Nevasca) e um gnaiss granoblástico com coloração branco-amarelada (Golden Ártico).

As amostras foram inicialmente cortadas pela empresa, sendo solicitadas para a realização das análises, 6 amostras de cada litotipo (6 amostras Juparana Bordeaux, 6 amostras Golden Ártico, 6 amostras Branco Nevasca) com dimensões de 5,5 cm X 5,5 cm X 5,5 cm para os ensaios de microscopia, duas amostras de cada litotipo, com 20X15X8cm, para cortes cilíndricos que foram utilizados nos ensaios de permeabilidade e porosimetria e seis amostras com dimensões com 15X10X2cm para ensaios de colorimetria, aquisição de imagem e exalação de radônio.

A preparação dos corpos de prova das amostras dos três materiais citados foi realizada no laboratório de preparação de amostras do DIMAT (Divisão de Materiais) - NUTEC (Fundação Núcleo de Tecnologia Industrial do Ceará) (Figura 2.1) e posteriormente enviadas para o detalhamento das medidas específicas no laboratório da CEPGIST (Centro de Petrologia e Geoquímica) do DECivil (Departamento de Engenharia Civil, Arquitetura e Georrecursos) no IST (Instituto Superior Técnico), em Portugal.

Figura 2.1 – Equipamentos utilizados para a confecção dos corpos de prova nos ensaios de caracterização.



Fonte: autor

2.2 Métodos

Para a caracterização dos materiais citados anteriormente foram necessários diversos procedimentos e análises, tanto para amostras que foram ensaiadas no estado natural quanto para as submetidas a ciclos de alteração acelerada, visando simular o envelhecimento que as rochas sofreriam em ambientes urbanos agressivos, como em fachadas de edificações em ruas de grandes cidades.

Após as análises no estado natural, as mesmas foram armazenadas em uma câmara de simulação climática e depois de 50 ciclos de alteração (em torno de 30 dias), as amostras foram novamente analisadas e os resultados obtidos foram catalogados para posteriormente serem comparados com os resultados iniciais obtidos das amostras em seu estado natural. Logo após as análises com 50 ciclos, as amostras foram novamente armazenadas na câmara de simulação climática e após mais 50 ciclos, ou seja, totalizando 100 ciclos de alteração, as amostras foram analisadas e comparadas com os resultados obtidos no estado natural e 50 ciclos.

Deste modo, as análises efetuadas para a caracterização das rochas estudadas na tese foram divididas em caracterização petrográfica, permeabilidade, porosidade por intrusão de mercúrio, aquisição de imagens por escaneamento, colorimetria e exalação de radônio, onde destas somente a análise de porosidade não permitia que as amostras fossem reutilizadas. A seguir serão descritos os procedimentos para a realização das análises mencionadas.

2.2.1 Caracterização Petrográfica

A análise petrográfica auxilia na pesquisa na identificação dos minerais presente nas rochas analisadas, caracterizando os parâmetros que serão importantes para a descrição destas. Os parâmetros estudados nas lâminas foram: forma, tamanho e contatos entre cristais, grau de alteração mineral, densidade de microfissuras.

Para a descrição petrográfica, foram selecionadas duas amostras cúbicas de cada litotipo analisado, no formato 5 X 5 X 5 cm, de onde foram confeccionadas 3 (três) lâminas de cada amostra, com o intuito de abordar as características petrográficas das rochas em 3 diferentes sentidos da rocha. Vale salientar que não seguiu nenhum padrão da rocha, como sentido de foliação ou forma dos blocos retirados das pedreiras nos quais as amostras foram extraídas.

Com esse tipo de análise pode-se quantificar os parâmetros composicionais, texturais e estruturais da rocha, dentre outros que podem influenciar na quantidade de gás Rn^{222} exalado pela rocha. Baseados nesses parâmetros citados foram seguidos alguns critérios para uma melhor caracterização petrográfica das rochas analisadas, com a norma NBR 15845-1 (ABNT, 2015) e com recomendações sugeridas por Rodrigues et al. (1996, 1997) e Navaro (1998). A classificação das rochas magmáticas seguiu os critérios de Le Maitre (1989) e das metamórficas de Winkler (1976).

2.2.1.1 Granulação dos minerais da rocha

As dimensões de grãos minerais em rochas para fins ornamentais merecem especial atenção, pois se trata de um parâmetro que pode influir nas propriedades físico-mecânicas e na alterabilidade do material. Os seguintes parâmetros foram considerados para a caracterização da granulação das rochas estudadas baseados em Meyer (2003):

- *Densa*: diâmetro médio dos cristais inferior 0,5mm;
- *Fina*: diâmetro médio predominante dos cristais 0,5 a 1,0 mm;
- *Média-fina*: diâmetro médio predominante entre 1 e 3 mm;
- *Média*: diâmetro médio entre 3 e 7 mm;
- *Média-grossa*: diâmetro médio entre 7 e 10 mm

2.2.1.2 Tamanho Relativo dos Minerais

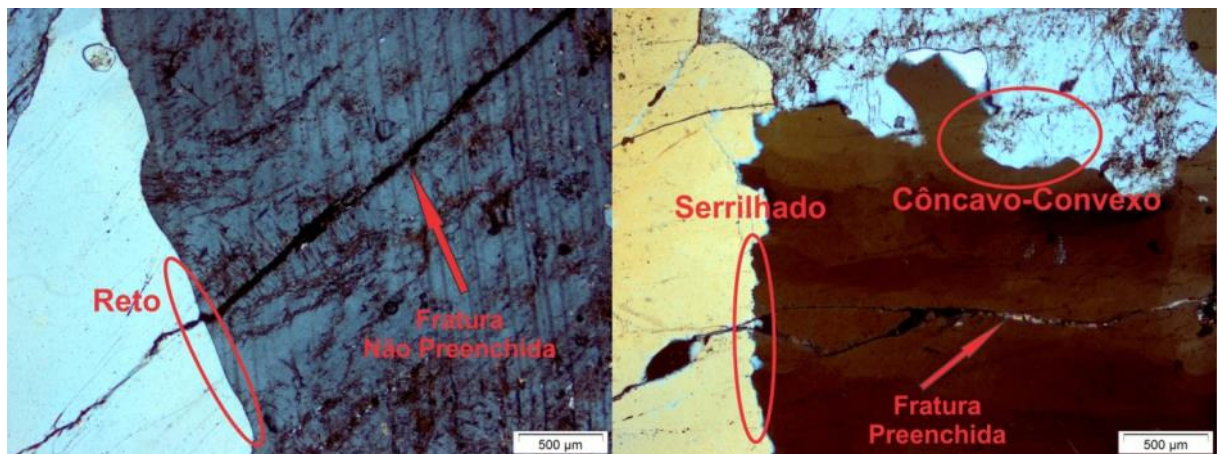
Com relação ao tamanho relativo dos cristais as rochas foram classificadas em:

- *Equigranulares*: quando os grãos minerais das rochas possuem o mesmo tamanho, ou quando as dimensões dos grãos variam dentro de uma estreita faixa;
- *Inequigranulares*: quando apresentam grãos minerais que diferem de tamanho numa relação de até 1:10, sem que os grãos maiores sobressaiam em relação aos menores;
- *Porfíricas*: quando exibem megacristais de dimensões pelo menos 5 vezes superiores a média dos grãos da matriz, sobressaindo-se nitidamente em relação às dimensões destes.

2.2.1.3 Relações de Contatos entre os minerais

A relação de contatos entre minerais foi baseada através de análise microscópica, onde os contatos foram classificados em três tipos básicos: Plano, Côncavo-convexo e Serrilhado. (Figura 2.2).

Figura 2.2 – Tipos de contatos entre os minerais que foram considerados para a análise qualitativa.



Fonte: autor

Como as rochas apresentam granulometria de média-fina a grossa, a quantidade de medidas dos tipos de contato variou entre 50 a 100 contagens em toda a área das seções, as quais foram transformadas em percentuais de acordo com cada seção petrográfica analisada, para a avaliação, por exemplo, da resistência da rocha ao desgaste em ambientes externos e internos, e grau de alterabilidade da rocha.

2.2.1.4 Grau de Alteração Mineral

As alterações que os minerais das rochas podem sofrer, influem na qualidade tecnológica das rochas ornamentais e de revestimento, podendo haver a formação de neominerais que são facilmente removíveis, aumentando o grau de porosidade da rocha e, consequentemente, diminuindo sua resistência físico-mecânica e potencializar os processos de alteração.

Meyer (2003) aborda o grau e o tipo de alteração em alguns minerais que podem ser observados em microscópio, tais como plagioclásios (saussuritização, sericitização, epidotização e transformação para carbonatos), feldspato potássico (sericitização, argilo-minerais) e minerais máficos (cloritização, epidotização e transformações para óxidos e hidróxidos). Para o estudo, foram adotados as sugestões de Meyer (2003) para a intensidade da alteração nos minerais, sendo atribuído uma sendo incluído mais uma subdivisão, muito incipiente. A classificação utilizada segue abaixo:

- *Grau de alteração intenso: > 60%;*
- *Grau de alteração moderado: > 30 a 60%;*
- *Grau de alteração incipiente: > 10 a 30%;*
- *Grau de alteração muito incipiente: > 5 a 10%;*
- *Ausente: até 5%.*

2.2.1.5 Densidade de Microfissuras

A caracterização e quantificação do microfissuramento nos minerais e rochas são importantes atributos, pois o grau de fissuramento é um fator que afeta o comportamento da rocha quanto à porosidade, absorção d'água e resistência mecânica.

A presença dessas fissuras intercomunicadas pode acarretar um aumento do coeficiente de permeabilidade. Esse fator pode ser preponderante no surgimento de patologias, como eflorescências e manchas, ou mesmo permitir a formação e/ou alojamento de sais bem como favorecer o desenvolvimento de fungos e bactérias, podendo aumentar a velocidade do processo de deterioração da rocha.

As microfissuras são analisadas em termos de vazias ou preenchidas, localização relativa (inter ou intragrãos), tipo de preenchimento e comunicabilidade entre si.

O índice de microfissuramento mineral é expresso em número de microfissuras por área (mm²) e equivale à média de contagem das microfissuras existentes nas lâminas petrográficas estudadas, dividida pela área de observação. As observações foram realizadas

com o aumento da objetiva de 4X, para que fosse possível uma maior precisão da quantidade de microfissuras. Meyer (2003), sugere uma classificação baseada na quantidade de microfissuras por mm², apresentada abaixo:

Tabela 2.1 – Classificação de microfissuras de uma rocha baseado na quantidade por mm².

Grau	Quantidade
Alto	>0,25 Microfissuras por mm ²
Moderado	0,1 a 0,25 Microfissuras por mm ²
Baixo	<0,1 Microfissuras por mm ²

Fonte: Meyer, 2003

2.2.2 Colorimetria – Sistema CIE Lab

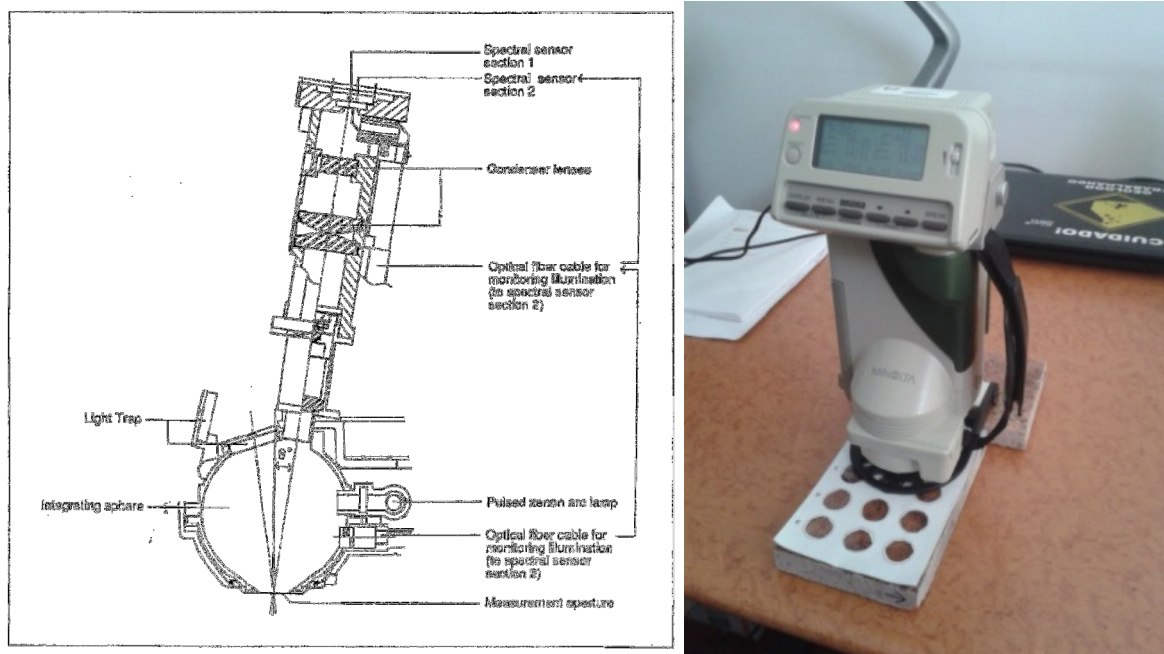
O estudo da cor das rochas utilizadas em fachadas e pisos de empreendimentos é importante desde o estágio de construção quanto após sofrerem a ação de intemperes naturais e antrópicos. A escolha da melhor forma e locais que as rochas serão utilizadas, tanto em fachadas como em pisos, locais que sofram variações de temperatura e umidade, podem ser melhores adaptadas para que sofram menor desgaste aos intemperes e possa manter suas características iniciais por mais tempo.

A colorimetria foi um método escolhido por ser muito útil para quantificação da cor em diferentes modelos de espaço de cor de forma rápida e precisa. O ensaio visou analisar a variação da cor do material após o sofrer os ciclos de alteração acelerada na câmara de simulação climática FITOCLIMA 300 EDTU. Para quantificar a alteração sofrida neste ensaio de envelhecimento, foi utilizado o espectrofotômetro MINOLTA modelo CM 508d (Figura 2.3).

O espectrofotômetro CM 508d é um instrumento compacto de medida de refletância espectral de objetos, possuindo geometria d/8 (iluminação difusa/ 8° de ângulo de visão) (figura 2.3), sendo utilizado principalmente na indústria de tintas, papel, automotiva dentre outras. O espectro de refletância do objeto é medido entre os comprimentos de onda de 400 a 700 nm em intervalos de 20 nm, em um sistema de duplo feixe que compensa automaticamente a variação da iluminação do arco da lâmpada de xênon do equipamento. As medidas podem ser calculadas baseadas em dois tipos de observadores padrões de 2° ou 10° e 11 diferentes tipos de iluminantes (D65, D50, C, A, F2, F6, F7, F8, F10, F11 ou F12). Os resultados das medidas podem ser representados graficamente como refletância espectral ou

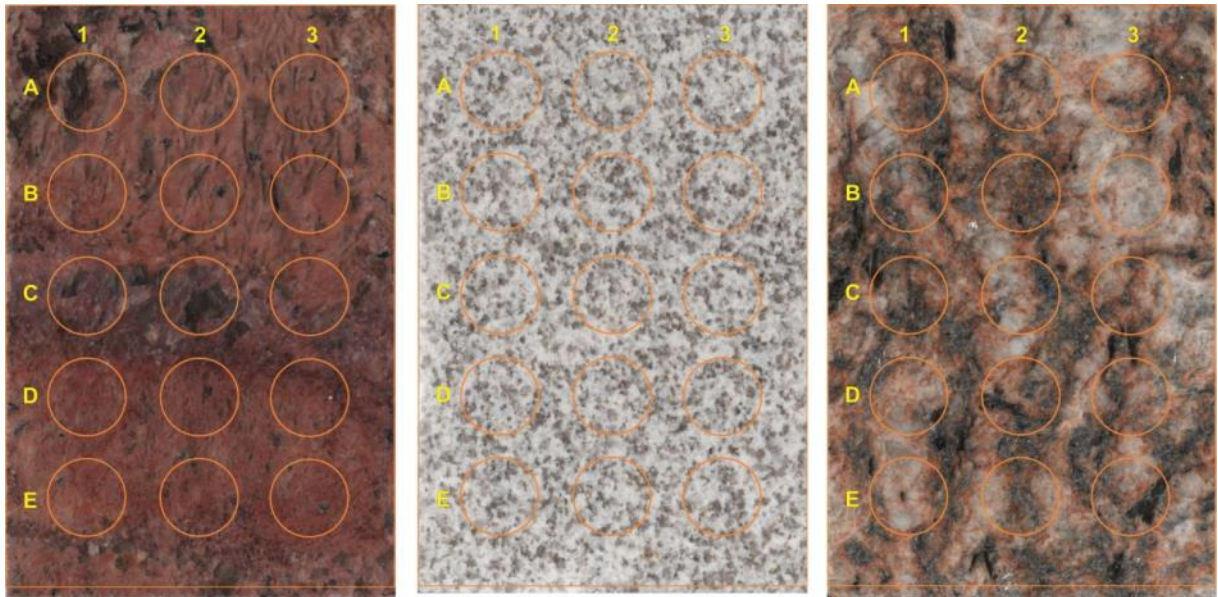
em diferentes espaços de cores como $\Delta L^* \Delta a^* \Delta b^*$ or Hunter $\Delta L \Delta a \Delta b$, ou, ainda, com diferentes valores de cor como $L^* a^* b^*$, $L^* C^* h^*$, Xyz, notação Munsell, dentre outros.

Figura 2.3 – Espectrofotômetro CM 508i da MINOLTA do CEPGIST – IST de Portugal.



Na análise, foram seguidos sugestões de Bessa Torquato (2004) que para as medidas efetuadas, como utilizado como iluminante o D65, que representa a repartição da luz do dia e a captação da refletância usou um observador padrão a 2°, parâmetros estes que representam a luz diurna. As medidas foram realizadas em placas polidas com dimensões de 10 X 5 X 2 cm, que também realizaram-se análises em outros ensaios não destrutivos, sendo que essas medidas foram efetuadas em 15 campos pré-determinados utilizados em todas as placas (Figura 2.4).

Figura 2.4 – Imagens das placas do Juparana Bordeaux (esquerda), Branco Nevasca (centro) e Golden Ártico (direita) com o gabarito, círculos indicando onde foram realizadas as medidas.



Fonte: autor

Para realizar as medições é necessária a calibração do equipamento baseado em dois pontos de referência, um preto e um branco. Logo após, foram realizados as medidas baseados nos parâmetros de refletância e colorimétricos no sistema CIE L^* , a^* e b^* (CIE, 1976), onde o componente L^* indica valores que representa a luminosidade/claridade variando entre o 0 (preto) e 100 (branco) e os componentes a^* e b^* definem o diagrama de cromacidade que representam as variações de croma e tom, onde o parâmetro a^* (componentes verde-vermelho), quando negativo (-) tem tendência a verde e positivo (+) para vermelho; e o parâmetro b^* (componentes azul-amarelo), quando negativo (-) tem tendência para azul e positivo (+) para amarelo.

Com base nesses parâmetros, foram ainda calculados a variação total de cor (ΔE^*) que é produto da equação abaixo:

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (1);$$

onde ΔL^* é a variação da luminosidade/ claridade, Δa^* será a variação da cromacidade no eixo verde-vermelho, Δb^* é a variação da cromacidade no eixo azul-amarelo. Os valores da diferença de cor ΔE^* são importantes para avaliar as relações visuais e numéricas entre os campos de análises nas placas durante os estágios de ciclos de alteração acelerada.

A Tabela 2.1 mostra uma classificação de valores de variações de ΔE^* , usada pela indústria de tintas, para a percepção do olho humano, sendo que as diferenças de cores entre duas leituras em um mesmo local podem já ser distinguidas em valores de ΔE^* acima 0,2-0,5 (DIN 6174-1979).

Tabela 2.1 – Tabela baseada na percepção humana para diferentes valores de ΔE empregada pela industrias de tintas, da norma DIN 6174-1979. Extraído de Silva et. al 2007.

Diferenças (ΔE^*_{ab})	Classificação
0,0 – 0,2	Imperceptível
0,2 – 0,5	Muito Pequena
0,5 – 1,5	Pequena
1,5 – 3,0	Distinguível
3,0 – 6,0	Facilmente distinguível
Maior que 6	Muito Grande

Em Figueiredo *et.al* (2004), segundo Boutin & Leroux (2000), somente as variações de cor total, ΔE^* , superiores a 3 são detectadas pela vista humana, isto é, são perceptíveis por simples inspecção visual das variedades cromáticas das respectivas superfícies pétreas.

Em cada medida do campo, o equipamento realiza simultaneamente 8 medidas das quais efetua uma média geral sendo indicada no visor o valor das componentes L^* , a^* e b^* do sistema CIE (1976) e também o valor em forma de espectro de refletância.

Com esses valores adquiridos com as placas em seu estado natural, serão comparados com os adquiridos em 50 e 100 ciclos alteração acelerada. Esses resultados irão mostrar a perda de cor em diferentes ciclos de envelhecimento e mostraram se são perceptíveis ao olho humano, baseados na norma DIN 6174-1979 e em Boutin & Leroux (2000).

2.2.3 Aquisição de imagens por escaneamento e tratamento usando o ImageJ – Color Inspector 3D

A aquisição de imagens das placas em seu estado natural e após ciclos de envelhecimento acelerado foram importantes para avaliar a perda da qualidade visível pela questão estética do material, bem como analisar a formação de produtos de alteração de minerais preexistentes, abertura ou fechamento de microfissuras por seu preenchimento,

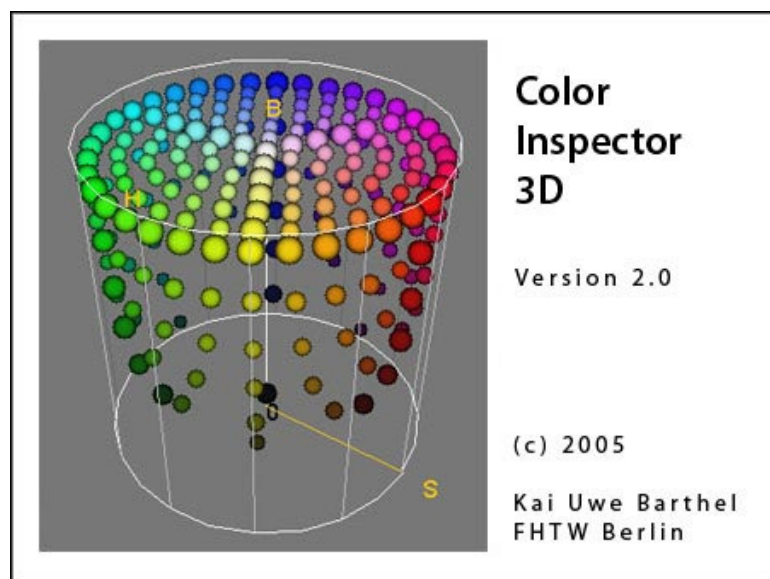
susceptibilidade maior de minerais a alteração dentre outros parâmetros. Nessa análise, foram utilizadas 15 placas dos litotipos estudados, com tamanhos de 15X10X2cm, sendo as mesmas utilizadas no ensaio de exalação de radônio e colorimetria, onde foram adquiridos as imagens, em formato .tif, através de um scanner de mesa Epson com resolução de 600 dpi.

Foram realizadas aquisições das imagens das placas em seu estado natural e após 50 e 100 ciclos de envelhecimento acelerado. Com isso, foram realizadas correlações das imagens obtidas e analisadas visualmente as alterações que surgiram durante os ciclos de envelhecimento.

O tratamento de dados foi realizado no ImageJ 1.48, desenvolvido pela National Institutes of Health (NIH), que apresenta código aberto baseado JAVA para desenvolvedores de ferramentas para diversos usos, como aquisição, análise, tratamento e processamento de imagens em vários formatos (TIFF, GIF, JPEG, BMP, DICOM, FITS e "raw"). Por possuir código aberto e gratuito, podendo ser realizado o download no endereço <http://imagej.nih.gov/ij/index.html>, vários desenvolvedores criaram “plugins” para o ImageJ, para melhorar os seus trabalhos.

Para o uso em rochas ornamentais, já que os principais utilizadores deste software são biólogos, médicos e até em astronomia (Eliceiri & Rueden, 2005; Dougherty, 2009), foi utilizado a ferramenta Color Inspector 3D (Figura 2.5), desenvolvido pelo Prof. Dr Kai Uwe Barthel da Hochschule für Technik und Wirtschaft (HTW) Berlin na Alemanha, que trabalha com diferentes espaço tanto em Luminância/ Cromacidade (como YUC, HSB, HSV, etc) quanto no espaço CIE (*Commission Internationale de l'Eclairage*) (como xyz, Lab, Luv dentre outros), todos estes em diferentes modos de visualização em 3D. As imagens são abertas no software no espaço RGB e posteriormente podem ser convertidas em outros espaços de cores citados acima.

Figura 2.5 – Plugins Color Inspector 3D utilizado para as visualizações das cores das placas digitalizadas e sua avaliação mudança de cor durante os ciclos de envelhecimento.



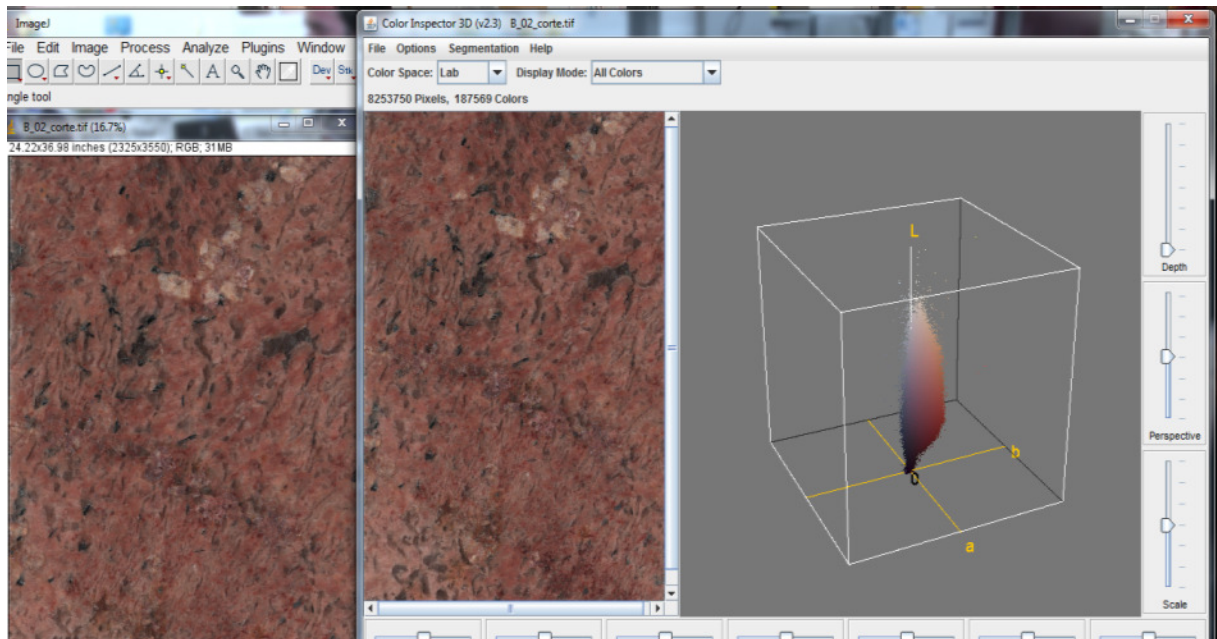
Para a pesquisa, a ferramenta Color Inspector 3D foi utilizada para analisar e avaliar as variações na cor das amostras, no espaço CIE Lab, no estado natural e após os ciclos de envelhecimento, pois apenas com análise visual não apresenta precisão suficiente para avaliar pequenas diferenças de cor na superfície da placa durante os ciclos de alteração acelerada das amostras.

Após a digitalização das placas em seu estado natural, as imagens foram armazenadas e calibradas no ImageJ para a escala real das dimensões das placas. Essa calibração é necessária para que o software possa realizar o mesmo processamento nas diferentes placas durante os ciclos de alteração acelerada. As análises foram realizadas no Color Inspector 3D, iniciando com a conversão da imagem digitalizada no espaço RGB e um iluminante D50, para o espaço CIE Lab. Vale ressaltar que na análise colorimétrica, que foi discutido anteriormente, foram coletados dados de cor através de um espectrofotômetro calibrado para aquisição de cores no espaço CIE Lab das mesmas placas que foram digitalizadas, diferindo somente que na análise com a ferramenta Color Inspector 3D que efetua a análise total dos pixels da imagem da placa enquanto no espectrofotômetro as aquisições dos dados são efetuadas pontualmente em determinados campos pré-selecionados.

Na ferramenta Color Inspector 3D após a conversão, foram gerados duas formas de representação em 3D das cores obtidas nas imagens das placas. Uma das formas de representação em 3D foi no modo *All Colors*, que mostra a disposição da cor de cada pixel da imagem da placa analisada, no espaço CIE Lab (Figura 2.6), indicando todas as cores

dispostas na placa analisada, que posteriormente foram comparadas com as aquisições das placas após os ciclos de envelhecimentos para avaliar a diferença entre as cores observadas no estado natural.

Figura 2.6 – Representação em 3 dimensões de todas as cores analisadas pelo Color Inspector 3D da imagem da placa analisada.

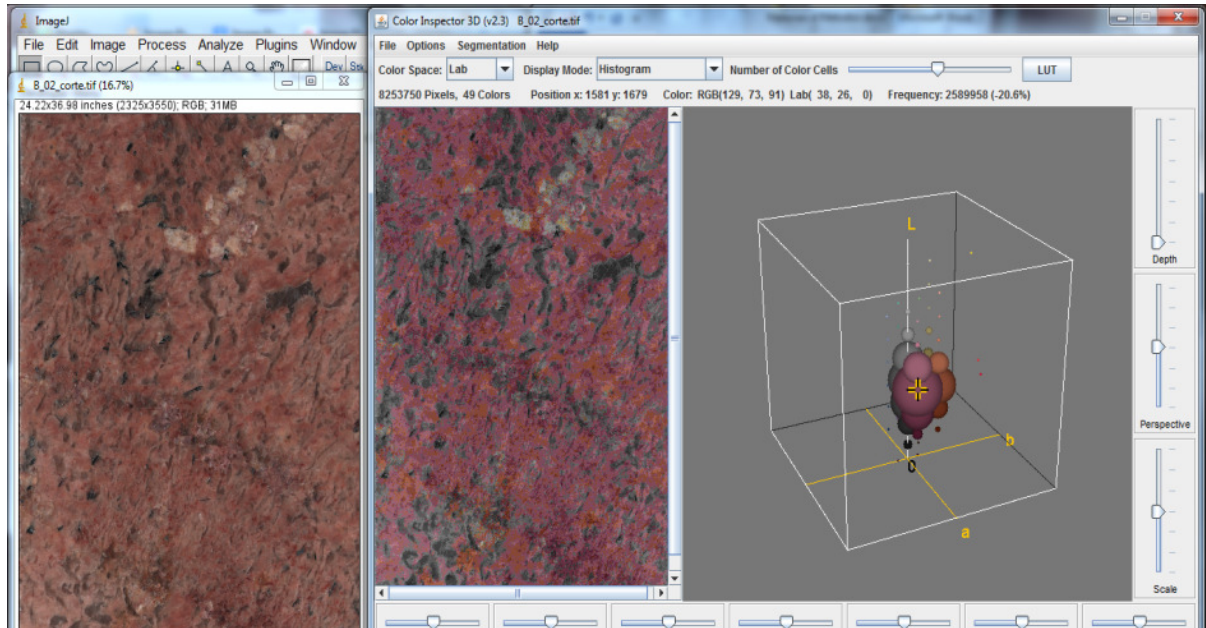


Fonte: autor

Outra forma de representação foi através do modo *Histogram*, que gera um histograma em 3D. Neste modo, o espaço de cores é particionado em células de cor (Color Cells), onde para cada célula é determinada uma frequência de cores. Cada celular é representada por uma esfera (Ball) referente a volume proporcional da frequência de cores. Esse número de células de cor pode ser ajustado em um controle deslizante *Number of Color Cells* que realiza um agrupamento de quantidade de cores que se quer analisar. Para a pesquisa, foi realizado a análise de aproximadamente 50 agrupamentos de cores que o software distribui pela a placa de acordo com a frequência de cores proposta (Figura 2.6).

Após o processamento das cores é gerado um arquivo LUT, que apresenta todas as cores selecionadas no histograma e com sua respectiva frequência porcentagem exibidas na placa.

Figura 2.7 – Representação em 3 dimensões das cores analisadas e formadas em agrupamentos de 50 cores pelo Color Inspector 3D da imagem da placa analisada.



Fonte: autor

O tratamento e processamento das imagens foram realizados placa por placa no estado natural e após os 50 ciclos e 100 ciclos, sendo sempre seguidos os mesmos procedimentos. Os resultados foram comparados e analisados para avaliar a perda de cor durante os ciclos de alteração acelerada.

2.2.4 Permeabilidade por percolação de gás N^2

No ensaio de permeabilidade foi utilizado o permeâmetro a Gas CP-M100A – PMI (Figura 2.7), que é um instrumento de medição da permeabilidade de materiais em amostras cilíndricas que fornece medição rápida e precisa através de fluxo de gás em amostras sobre pressão. O ensaio busca determinar a permeabilidade forçando um gás a fluir através da amostra. Como o ensaio não é destrutivo, foi possível realizar as medidas nos mesmo corpos-de-prova em diferentes ciclos de envelhecimento.

Figura 2.8 – Imagem o permeametro a gás GP-M100A da PMI, no Laboratório da CEPGIST – IST Lisboa – Portugal.



As medições da taxa de fluxo em estado estacionário e as pressões correspondentes fornecem os dados necessários para o cálculo da permeabilidade em Darcy e também em outras unidades. Neste ensaio de permeabilidade, foram utilizados 4 (quatro) amostras de cada litologia, com tamanhos de 4,5 cm de diâmetro e 1,5 cm de espessura, onde nas 4 (quatro) foram realizados o ensaio em seu estado natural, 2 (duas) com 50 ciclos e as outras 2 (duas) com 100 ciclos de envelhecimento acelerado, sendo comparadas com os resultados no estado natural (figura 2.8). Os corpos-de-prova foram colocados em um suporte de aço e fixados utilizando silicone e resina nas laterais da amostra, de forma que a porção superior e inferior permitisse que o gás fluísse pela amostra (figura 2.7).

Figura 2.9 – Amostras de rochas utilizadas no permeametro GP-M100A da PMI, no Laboratório da CEPGIST.



No equipamento, a amostra foi fixada dentro de um suporte de aço e acondicionada no local da análise. A partir daí, foi utilizado um software CapWin da PMI, que realiza medições de permeabilidade baseada nos dados inseridos pelo usuário. O software, para o teste no permeâmetro a gás, possui parâmetros definidos de fábrica, mas que podem ser alterados de acordo com a necessidade do usuário. Para a aplicação do teste de permeabilidade, o software solicita do usuário as dimensões do corpo-de-prova (diâmetro e espessura), tipo de gás que será utilizado e local de onde será gerado o “report” com os dados encontrados no teste de permeabilidade. O tipo de gás do permeâmetro é um parâmetro importante, pois cada tipo apresenta valor de viscosidade diferente (Tabela 2.2). Para as amostras das rochas estudadas, foi utilizado o gás nitrogênio (azoto) que apresenta viscosidade de 0,0185.

Tabela 2.2 – Tabela de valores de viscosidade que podem ser utilizados no permeâmetro GP-M100A da PMI, no Laboratório da CEPGIST, sendo em destaque o utilizado está destacado.

Gás/Líquido:	Ar	Argônio	Hélio	Nitrogênio	Água
Viscosidade:	0.0185	0.0221	0.000198	0.0185	1

Baseado nos dados acima citados, o software calcula a constante de permeabilidade em Darcy, em diversas pressões diferentes de forma ascendente até a pressão de 30 PSI, através da fórmula:

$$C = \frac{8FTV}{\pi D^2 (P^2 - 1)} \quad (2)$$

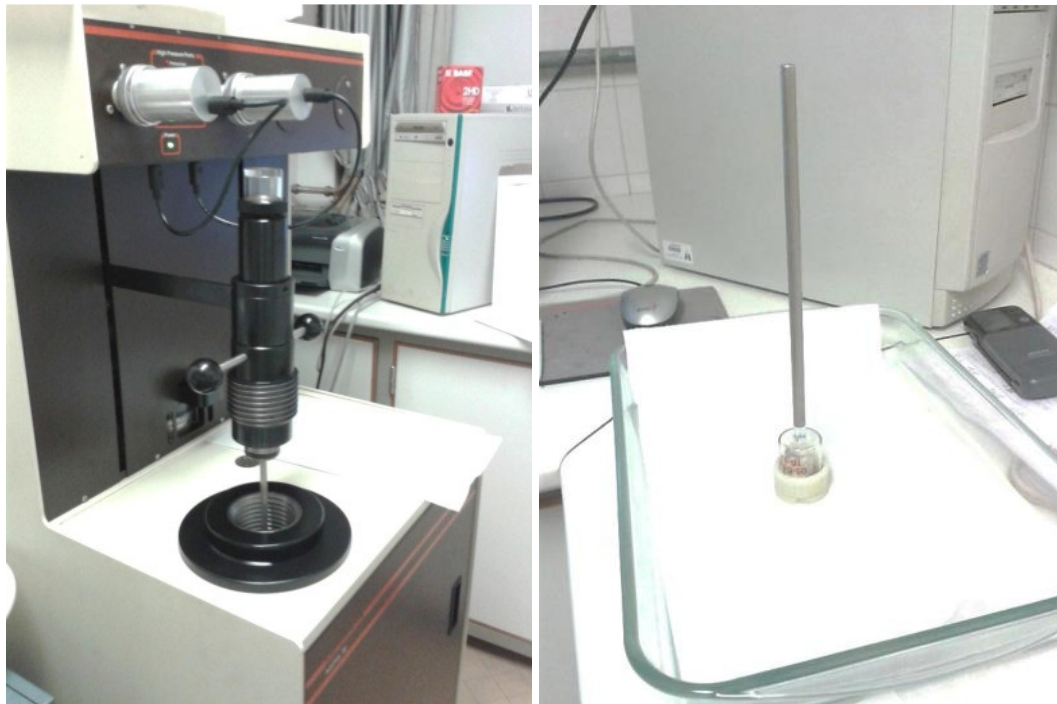
onde C é a constante de permeabilidade em Darcy, F é o fluxo do gás em cc/sec, T é a espessura do corpo-de-prova, V é a viscosidade do gás, D é o diâmetro da amostra e P é a pressão e o valor de “ π ” atribuído é de 3,14159265.

Após as medições de constante de permeabilidade, o software realiza uma média com esses valores e atribui um valor médio para o corpo-de-prova. Além da constante de permeabilidade, pode ser acompanhado o valor de fluxo de gás por área e pressão da amostra em L/PSI/cm²/sec e em L/PSI/cm²/min, como exibido em tabela em anexo permeabilidade.

2.2.5 Porosimetria por Intrusão de Mercúrio

A técnica de análise de porosimetria por intrusão de mercúrio é baseada na intrusão de mercúrio numa estrutura porosa sob pressões rigorosamente controladas (Figura 2.9). Além de oferecer velocidade, precisão e uma ampla faixa de medição, porosimetria de mercúrio permite a distribuições de poros de tamanho, o volume total de poros, a área total da superfície dos poros, diâmetro médio dos poros, e densidades de amostras.

Figura 2.10 – Porosímetro por intrusão de mercúrio AutoPore III 9420, no Laboratório da CEPGIST – IST Lisboa – Portugal.



Washburn (1921) sugeriu como poderia obter uma distribuição de tamanhos de poros a partir de dados de volume de intrusão resultante da penetração de mercúrio num meio poroso em função da pressão. Com base nessa sugestão, Ritter e Drake (1945) e Drake e Ritter (1945) publicaram os primeiros trabalhos completamente dedicados a porosimetria por intrusão de mercúrio, descrevendo a construção e operação do equipamento e apresentando um grande numero de dados experimentais. Estas publicações são a base de dados de todos os trabalhos desenvolvidos para porosimetria de mercúrio.

Essa técnica consiste, de forma sucinta, em condicionar uma amostra porosa em um recipiente, coloca em vácuo e mergulhar em mercúrio. A pressão é aumentada por incrementos sucessivos e para cada valor de pressão, mede-se o volume de mercúrio forçado a entrar nos poros da amostra. As variações de volume são detectadas sob a forma de variações

de condutância, realizada em um contentor de amostras chamado penetrometro. Esta técnica baseia-se no principio de que o mercúrio é um liquido “não molhante”, quando em contato com a maior parte das substancia solidas. Consequentemente, o mercúrio não penetra naturalmente em pequenas aberturas e/ou fendas dos sólidos porosos, sendo necessária aplicá-la em uma dada pressão para forçar a sua penetração de forma a vencer a força interfacial, que é determinada pelo diâmetro dos poros. A porosimetria por intrusão de mercúrio é baseada na lei capilar que regula a penetração de líquido em pequenos poros. Esta lei, no caso de liquido “não molhante” como mercúrio e poros cilíndricos, pode ser expressa pela equação de Washburn:

$$D = -\left(\frac{1}{P}\right)4\gamma \cos \varphi \quad (3)$$

onde D é o diâmetro do poro, P é a pressão aplicada, γ é a tensão superficial e φ é o ângulo de contato, todas em unidades constantes. O volume de mercúrio V penetrado nos poros é medido diretamente em função da pressão aplicada. Estas informações de P-V servem para caracterização da estrutura do poro.

A tensão superficial do mercúrio varia com sua pureza, sendo que o valor aceito e utilizado nos ensaios é de 487 dyn/cm. O ângulo de contato entre o mercúrio e o solido contendo os poros variam um pouco com a composição do sólido, sendo utilizado para a base desses cálculos o valor de 130°.

Antes de iniciar a análise na amostra, foi necessário criar um arquivo de informações da amostra que a descreve, como peso inicial, e dá as condições de análise e outros parâmetros. Este arquivo também inclui uma tabela de pressões, que listam os pontos de pressão em que os dados são correlacionados durante a análise.

As análises foram efetuadas seguindo as rotinas já utilizadas pelo laboratório do CEPGIST – IST Lisboa e seguindo o manual do equipamento AutoPore III 9420 da Micrometric's, no qual permite realizar a determinação de diâmetros de poros variando entre 360 a 0,005 μm e pressões de até 33000 psia.

Para o inicio das analises, a amostra é colocada dentro do penetrômetro (Figura 2.10), e em seguida, é instalado na porta de analise de baixa pressão na câmara de baixa pressão do AutoPore III 9420. A primeira fase da analise de baixa pressão (low pressure analysis) é a evacuação dos gases do penetrômetro. O penetrômetro é em então preenchido automaticamente com mercúrio. A segunda fase da analise de baixa pressão é a correlação dos

dados de pressões até o ponto de mais baixa pressão especificado na tabela de pressão, até 50 psia (ou 30 psia sem penetrômetro de tampa rosqueada).

Quando a análise de baixa pressão é completada, o penetrômetro é removido da porta de análise de baixa pressão e instalado na porta de análise de alta pressão. A análise de alta pressão coleta dados de pressões indicadas na parte de alta pressão da tabela de pressão.

Os dados do volume do poro são calculados pela determinação do volume de mercúrio remanescente na haste do penetrômetro. Com o aumento da pressão, o mercúrio move-se nos poros da amostra, desocupando a haste (intrusão). A intrusão em tamanhos de poros diferentes ocorre em pressões diferentes. (Quanto maior a pressão, menor o poro em que o mercúrio pode ser forçado). Isso se deve porque o mercúrio tem uma alta superfície de tensão e é non-wetting (não molhante) para a maioria dos materiais, o ângulo de contato e o raio de curvatura podem ser usados para calcular o diâmetro do poro em que se introduz uma determinada pressão.

O volume de mercúrio na haste do penetrômetro é medido pela determinação de sua capacitância elétrica. A capacitância é a quantidade de carga elétrica armazenada por volt de eletricidade aplicada. A capacitância do penetrômetro varia com o comprimento da haste que é preenchido com mercúrio.

Quando o penetrômetro é inicialmente preenchido com mercúrio, ele se estende por todo o comprimento do penetrômetro. Como aumento da pressão faz com que o mercúrio entre nos poros da amostra, o volume de mercúrio na haste do penetrômetro diminui pelo mesmo valor do volume de poros preenchidos. Esta diminuição no comprimento na haste do penetrômetro, que é preenchida com mercúrio, causa a sua redução na capacitância. O software converte as medições da capacitância do penetrômetro em dados de pontos, mostrando o volume de mercúrio intrudido nos poros da amostra.

Figura 2.11 – Corpos de prova para o ensaio de porosidade por intrusão de mercúrio.



No ensaio de porosimetria por intrusão de mercúrio, por se tratar de um ensaio destrutivo, foram utilizados 6 (seis) amostras de cada litologia, sendo selecionadas amostras com características semelhantes para cada etapa dos 50 ciclos de alteração acelerada. Onde 6 (seis) foram realizados o ensaio em seu estado natural, 6 (seis) com 50 ciclos e as outras 6 (seis) com 100 ciclos de alteração acelerado, sendo comparadas com os resultados no estado natural.

2.2.6 Câmara de Simulação Climática

Para verificar as modificações que as rochas podem sofrer com a ação de agentes poluentes, variações térmicas dentre outros fatores, faz necessários processos que possam simular as causas e mecanismos de deterioração que podem ser encontrados em ambientes extremamente poluídos. Os ensaios de alteração acelerada, em laboratório, podem simular essas situações, visaram fornecer informações quanto à alterabilidade da rocha em relação aos agentes intempéricos, além da investigação dos mecanismos de degradação para cada caso (Frasca 2003). A aceleração das alterações nas rochas analisadas será importante para a avaliação das características físicas, mineralógicas, estruturais e texturais com a exalação de radônio presente nesses materiais quando forem expostos em ambientes de mais alta degradação.

O método de ensaio na câmara de simulação climática teve como base o projeto de norma europeia EM BBB 1995 (BESSA TORQUATO, 2004). O ensaio de simulação climática ocasiona uma aceleração do processo de envelhecimento de rochas em seu estado natural, causado pelas variações de temperatura e umidade em uma atmosfera contendo uma concentração de 25 ppm de dióxido de enxofre (SO₂).

O procedimento experimental foi efetuado em Câmara de Simulação de Ensaios Climáticos (FITOCLIMA 300 EDTU) (Figura 2.11), a qual é capaz de manter a temperatura entre 20 ± 5 °C até 60 ± 5 °C e com controle da umidade entre 30 ± 5 % e 95 ± 5 %, possibilitando também que ambos os parâmetros possam variar de maneira cíclica conforme pré-programado no sistema da câmara. A câmara de simulação climática apresenta capacidade de armazenamento de 300 L, onde possui capacidade de - 20°C até 170°C e com variação de humidade de 15% a 98%. Para a realização do ensaio, foi proposto um ciclo corresponde a variação 20°C até 60°C e 95% até 30% de humidade, manter por 6 horas, logo após arrefecer de 60°C até 20°C e de 30% para 95% de humidade e manter por mais 6 horas (Gráfico 2.1).

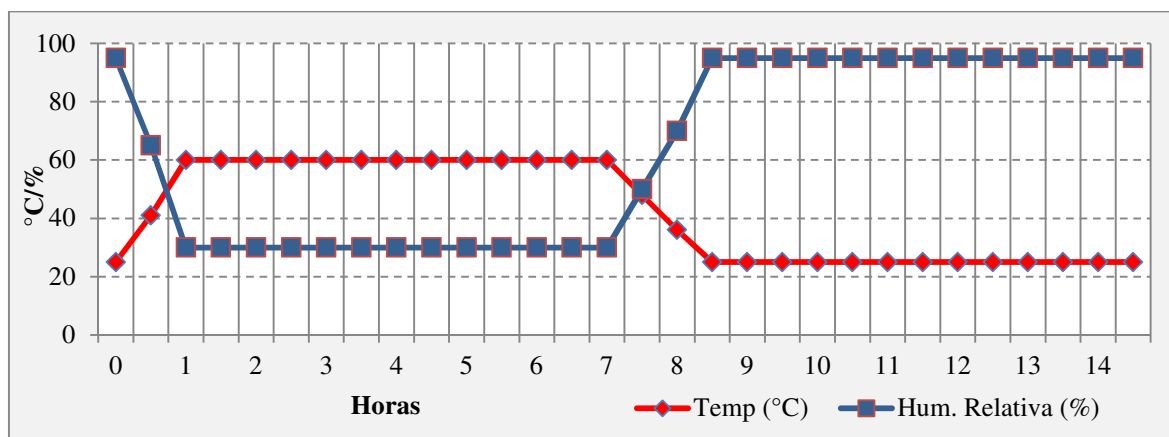
Em testes iniciais para avaliar a capacidade de arrefecimento e aquecimento pelo ciclo proposto, observou-se que com os corpos-de-prova na câmara, a velocidade de aquecimento é de 1 hora e a velocidade de arrefecimento é de 1,5 hora.

Figura 2.12 – Câmara Climática FITOCLIMA 300 EDTU, no Laboratório da CEPGIST – IST Lisboa – Portugal.



No ensaio, foram acondicionadas todas as amostras de forma que elas pudessem sofrer de forma igual os 25 ciclos, totalizado 15 dias, as variações de temperatura e umidade programadas no sistema, bem como a atmosfera saturada em SO_2 com concentração de 25ppm a 1 atm. Após os 25 ciclos, foram realizadas observações visual das condições das amostras e logo após eram repetidos por igual período para que pudesse obter 50 ciclos, onde as amostras eram retiradas para os outros para realizar outros ensaios e logo após eram recolocadas na câmara para realizar mais 50 ciclos.

Gráfico 2.1 – Gráfico da variação de temperatura e humidade relativa do ar no decorrer de um ciclo de 14,5 h.



Fonte: autor

2.2.7 Exalação de Gás Radônio

Na medida de exalação de radônio, foi utilizado o detector AlphaGUARD, designado para monitoramento da concentração de radônio a longo prazo e o aparelho registra simultaneamente em seus sensores a temperatura ambiente, umidade relativa e pressão atmosférica. Ele possui sensibilidade de medição que varia de 2 a 2.000.000 Bq/m³ (0,05 a 50.000 pCi/l). O AlphaGUARD possui uma câmara de ionização e usa espectroscopia alfa para detectar o radônio. Os dois isótopos de radônio mais comuns (²²²Rn e ²²⁰Rn) são identificados através de suas respectivas energias do decaimento alfa. O sinal gerado da detecção alfa é convertido em um sinal onde este pode ser lido pelo AlphaGUARD ou computador (Silva, 2011).

Figura 2.13 – Imagem dos contentores de armazenamento de amostras para a leitura no AlphaGUARD. LRN – Universidade de Coimbra.



O método deste ensaio é realizado com rotina no Laboratório de Radiatividade Natural (LRN) em Coimbra – Portugal (Figura 2.10), sendo seguido conforme os padrões seguidos para o teste. Nesse ensaio, as 18 amostras foram acondicionadas em contentores específicos, com capacidade 12 L de armazenamento cada, sendo resguardadas por um período de aproximadamente 15 dias, sendo tempo necessário para a concentração de 90 % da quantidade real exalada pela amostra. Após este período, foram realizadas medições da quantidade de radônio exalada pela amostra nesse período. O monitor AlphaGUARD é composto de um detector, uma bomba e mangueiras ao qual era acoplado ao contentor

através de mangueiras para realizar as medidas de radônio dentro do contentor, tornando sistema fechado onde o ar do contentor analisado retornava ao contentor.

Os valores são obtidos em intervalos a cada 1 min por um período de 15 minutos para que se pudesse estimar a quantidade de radônio exalada. Ao final, da última leitura, o software utilizado grava as medidas e apresenta uma média de estabilização obtida nas leituras efetuadas durante os 15 minutos, bem como os valores de máximo e mínimo das amostras. Depois de cada leitura, o equipamento passava por uma limpeza com ar limpo por 10 min para que as leituras posteriores não sofressem interferência das leituras anteriores.

Após as medições, as amostras eram enviadas para a câmara climática e realizados os ciclos de envelhecimento. Foram realizadas medidas de exalação de radônio das amostras no estado natural, 50 e 100 ciclos de envelhecimento acelerado na câmara de simulação climática e atmosfera saturada.

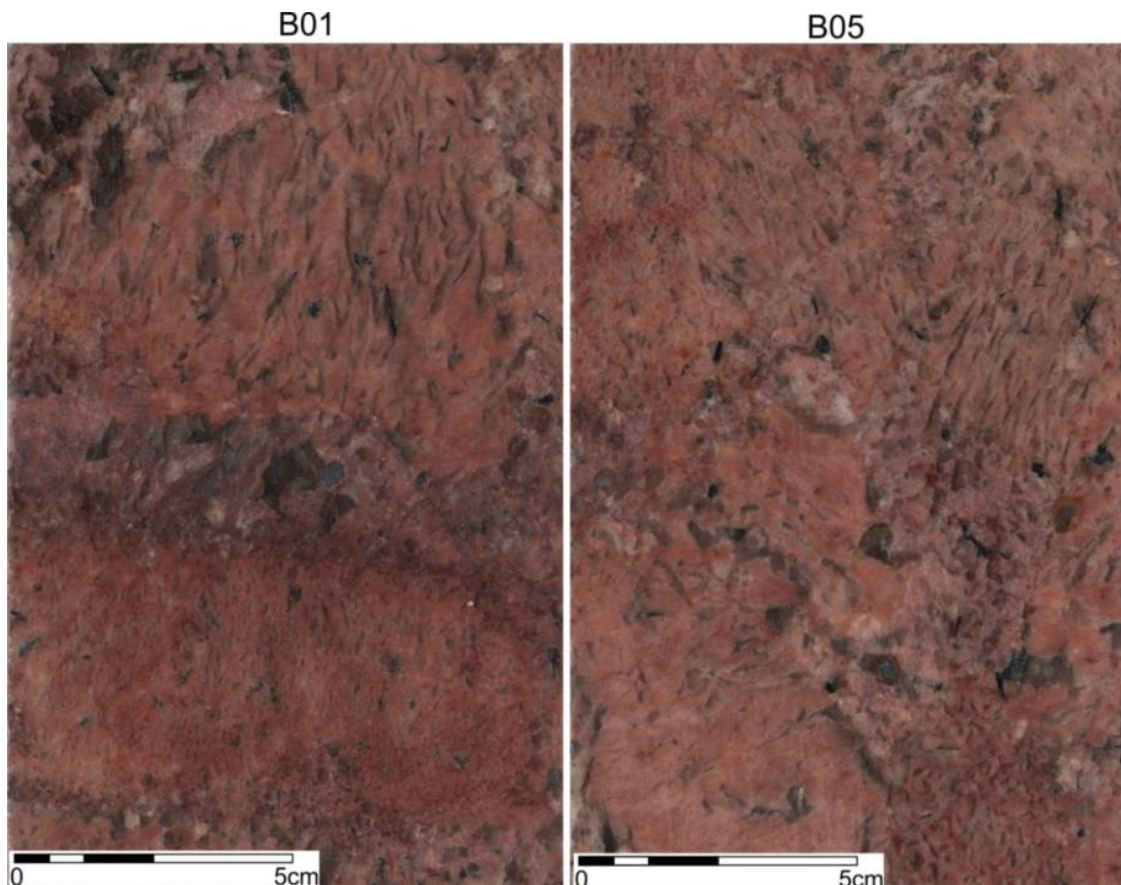
3 PETROGRAFIA

3.1 Juparana Bordeaux

3.1.1 *Análise macroscópica*

A amostra do Juparana Bordeaux apresenta cor vermelha, a marrom avermelhada, estrutura pegmatítica com cristais apresentando tamanho de 4 mm a até 1 cm em alguns locais da rocha. Exibe feições de textura gráfica a mimerquítica em vários cristais de feldspato. Visualmente observam-se cristais de quartzo, feldspato, biotita, plagioclásio e minerais opacos (Figura 3.1). São visíveis que alguns cristais apresentam microfissuras intergrão e intragrão, preenchidas ou não, com dimensões de até 7 mm e em muitos cristais é possível observar microfissuras preenchidas por um material de coloração branca provavelmente produto de seritização. Pode ser observado que em muitos cristais de hematita ocorre um zoneamento provocado pela alteração do mineral, gerando um auréola de oxidação nos cristais que o circundam.

Figura 3.1 – A amostra do Bordeaux apresenta coloração vermelha, clara e escura, a marrom avermelhada, estrutura pegmatítica com cristais apresentando tamanho de 4 mm a até 3 cm em alguns locais da rocha.



3.1.2 *Análise microscópica*

Em análise microscópica, a rocha apresenta textura inequigranular pegmatítica, com feições de textura mimerquítica em vários locais da lamina. A mineralogia observada na rocha é composta de quartzo (28%), plagioclásio (26%), microclina (32%), biotita (9%), muscovita (2%), opacos (hematita) 2% e acessórios são alanita (0,6%), apatita (0,3%), zircão (0,1%). O dimensionamento dos cristais apresenta uma variação muito grande, exibindo valores de 0,2 mm a até 2 mm, podendo chegar a mais não sendo exibido em lâmina. Os minerais que apresentam maiores tamanhos são microclina e plagioclásio. O grau de alteração dos cristais é ausente à incipiente, sendo os que apresentam maior alteração são os de plagioclásio e microclina (Prancha 3.1-1 e 3.1-8), sendo afetados principalmente por alteração do tipo saussuritização e seritização. Outro tipo de alteração observada são as que ocorrem em cristais de alanita, que apresentam uma deterioração da estrutura interna causada pela desintegração de elementos.

As microfissuras ocorrem em maior quantidade nos cristais de feldspato e plagioclásio e em menor quantidade nos quartzos, sendo encontradas tanto microfissuras intragrão e intergrão, com tamanhos podem variar de 0,1 mm a 2 mm, podendo ser preenchidas ou não (Prancha 3.1-5 e 3.1-7). A quantidade de microfissuras apresenta valores de 0,95 microfissuras/mm² para do tipo intragrão e de 0,36 microfissuras /mm² para intergrão, indicando um valor alto para microfissuras intragrão e moderado para intergrão podendo a rocha apresentar uma maior permeabilidade. Em alguns cristais onde a alanita esta próxima, as fraturas desses cristais apresentam preenchimento pela desintegração do mineral. Por vezes observa-se em lâmina a presença de microfissuras preenchidas com minerais opacos ou por dissolução dos cristais de biotita, e em outras zonas, as microfissuras apresentam abertas, mas não por toda a extensão da microfissura.

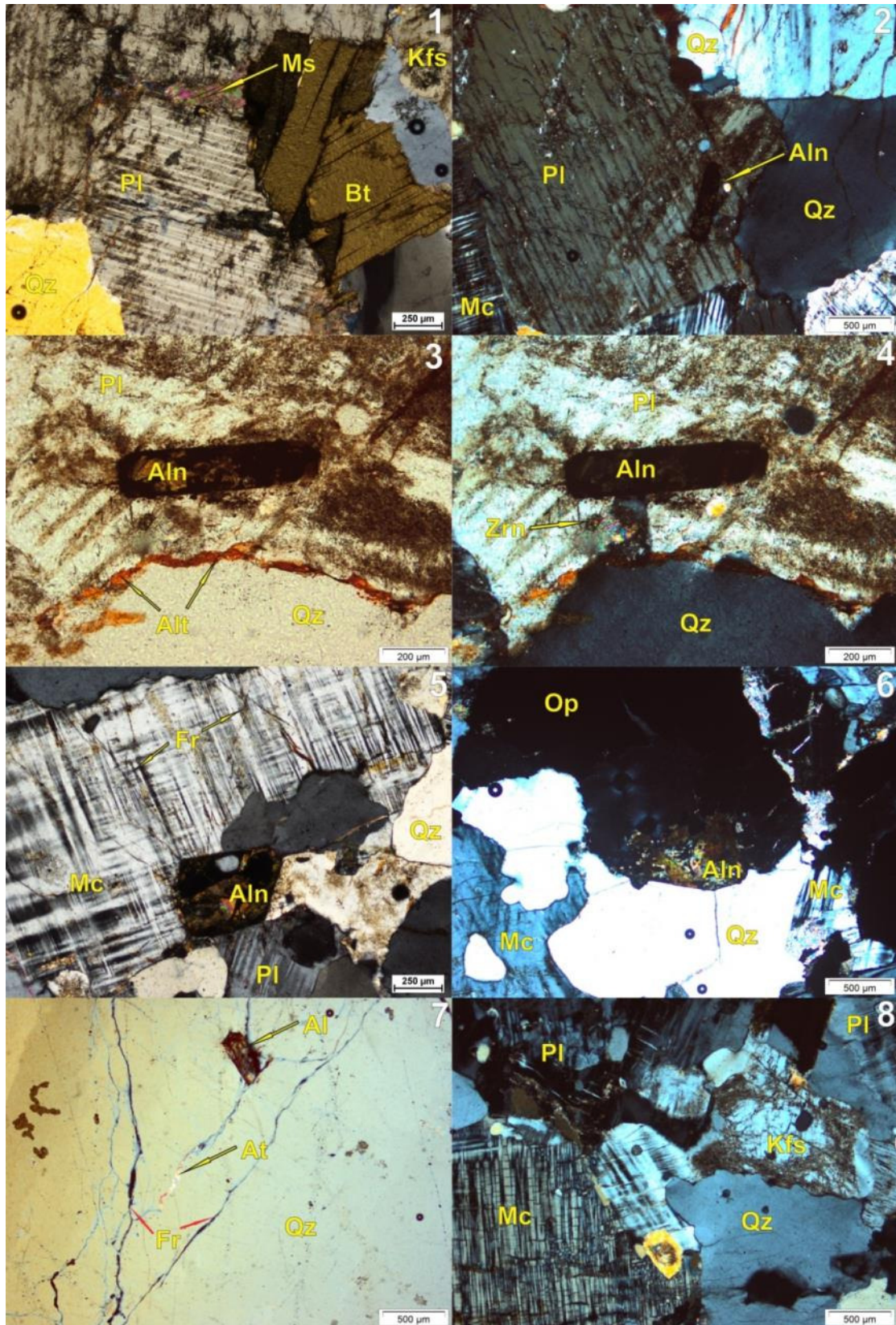
Os cristais de quartzo apresentam forma anedral a subeudral, bordas arredondadas em sua maioria, com contatos côncavos entre cristais de plagioclásio e microclina e planos entre biotita, opacos e alanita. Apresentam tamanhos de 0,4 mm a 1 cm em seu eixo maior, geralmente com contatos côncavos com cristais de feldspato e plagioclásio, e planos entre cristais de alanita, biotita e por vezes entre cristais opacos. O quartzo não apresenta alteração, mas possuem algumas microfissuras preenchidas por produtos da oxidação de minerais opacos além de em algumas zonas com maior concentração de cristais de alanita (Prancha 3.1-7) apresentarem produtos de alteração com coloração avermelhada, provavelmente provenientes da alanita.

Os cristais de plagioclásio e microclina apresentam com forma anedral a subeudral, sendo algumas vezes observado cristais eudrais, geralmente exibindo tamanhos que variam de 0,5 mm a 2 cm. Na seção delgada, os cristais apresentam contatos entre os cristais do tipo planos e côncavos em sua maioria, e por vezes denteados entre cristais de biotita. O grau de alteração dos cristais de microclina e plagioclásio são de muito incipiente a incipiente, sendo observado em alguns cristais até 30% de alteração, por vezes preenchidos por sericita e/ou produto de oxidação. A maior parte desses minerais apresenta além de alteração mais acentuada, observa-se que as exibem, em muitos cristais, microfissuras com tamanhos variados e muitas vezes preenchidos por minerais opacos provenientes da alteração das hematitas e/ou alanita. Muitos das microfissuras acompanham os planos de clivagem ou são perpendiculares às mesmas, sendo a maior parte intra-grão.

A biotita e a muscovita ocorre por toda a seção delgada, mas em menor quantidade, apresentando forma subeudral, com tamanhos que variam de 0,3 mm a 2 mm. Esses minerais geralmente apresentam contatos planos e denteados com outros cristais. Os cristais apresentam alteração muito incipiente principalmente em suas bordas, sendo que as muscovitas são provenientes da alteração das biotitas por além de estarem próximas, as muscovitas ocorrem em menor quantidade na lamina.

Os cristais do mineral opaco (Prancha 3.1-5 e 3.1-6) apresentam características da hematita, apresentando forma eudral a subeudral, com tamanhos que variam de 0,2 mm a 8 mm. Geralmente apresenta contatos planos, mas ocorrem também contatos irregulares devido a uma maior alteração nas bordas dos cristais. A maior parte dos cristais apresenta alteração muito incipiente a moderado, sendo visível em muito minerais os produtos dessa alteração, deixando as fraturas preenchidas por oxidação e mobilização dos mesmos.

Os cristais de alanita, zircão e apatita ocorrem como acessórios, sendo importantes nas características dessa rocha. A alanita (Prancha 3.1-1, 3.1-5 e 3.1-7) apresenta forma subeudral a eudral, com coloração castanha e relevo alto, com contatos planos e denteados quando mais alterados. Exibe dimensões de variam de 0,2 a 0,5 mm e ocorrem disseminados na lamina, por vezes mais concentrados em uma zona. Por se tratar de um mineral com concentração de U e Th, com a desintegração o mineral vai perdendo a estrutura interna e quando em contato com a água oxida, gerando um material de cor amarronzada e pode permear as fraturas dos minerais adjacentes. O zircão e a apatita ocorrem também disseminados, mas em menor quantidade. Apresentam tamanhos de 0,2 mm no máximo, com contatos irregulares e alteração incipiente a ausente.



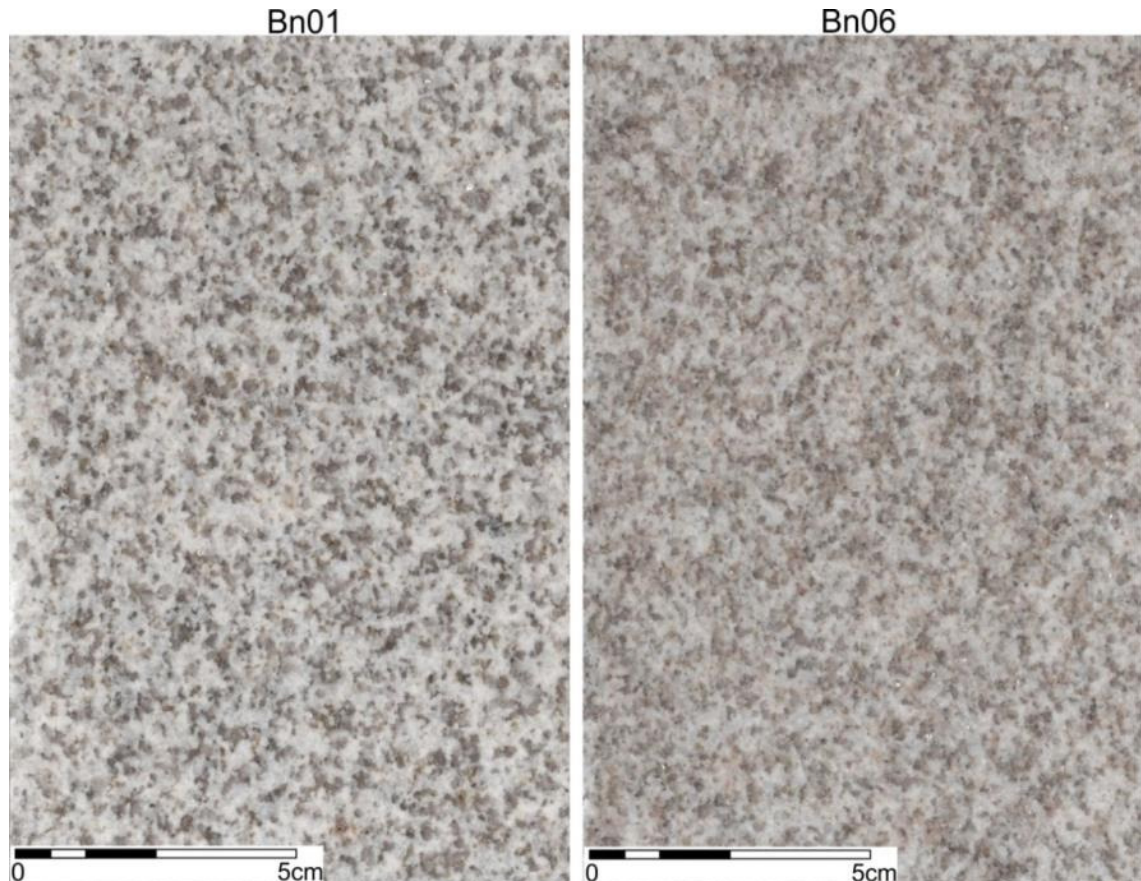
Prancha 3.1 – Fotomicrografia do Juparana Bordeaux, mostrando as principais características dos minerais presentes no pegmatito, de composição mineralógica: composta de quartzo (Qz), plagioclásio (Pl) microclina (Mc), biotita (Bt), opacos (hematita) (Op), zircão (Zrn), alanita (Al), e feições como fraturas (Fr) e produtos de alteração (At). Objetivas de 5X (500 e 250 µm), 10X (200 µm). Luz Polarizada – 2, 4, 5, 6 e 8. Luz natural – 1, 3 e 7.

3.2 Branco Nevesca

3.2.1 Análise Macroscópica

A rocha apresenta coloração branca a acinzentada, com textura equigranular, compostas principalmente por plagioclásio (albita), quartzo, muscovita, granada e opacos. Em locais da placa, o quartzo apresenta uma coloração tendendo ao castanho claro e raramente observa-se alteração de minerais opacos formando uma aureola de oxidação. Pode observar que a rocha apresenta poucas fissuras visíveis, principalmente em cristais de plagioclásio, mas quando apresentam maior tamanho, as fissuras podem apresentar até 3 cm, fraturando principalmente entre os contados dos minerais, sendo pouco perceptíveis a vista desarmada. A rocha apresenta granulometria que varia em média de 4 a 8 mm, mostrando uma distribuição regular do tamanho dos minerais na rocha. Superficialmente não é observado alteração nos cristais, somente em alguns cristais de mineral opaco e alguns quartzos que apresentam coloração castanha clara (Figura 3.2).

Figura 3.2 – A rocha apresenta coloração branca a acinzentada, com textura equigranular, compostas principalmente por plagioclásio (albita), quartzo e muscovita, com granulometria que varia em média de 4 a 8 mm, mostrando uma distribuição regular do tamanho dos minerais na rocha



3.2.2 *Análise Microscópica*

Na análise microscópica, a rocha apresenta textura equigranular, com cristais apresentando tamanhos de 0,2 até 2 mm, sendo em sua maioria entre 1,0 e 1,5 mm. Sua mineralogia é composta de plagioclásio (albita) (45%), quartzo (27%), muscovita (10%), microclina (12%), K-feldspato (2%), granada (3%) e acessórios com 1% são sericita, apatita e opacos. Em relação ao grau de alteração, os feldspatos e plagioclásios apresentam maior grau de alteração do que os cristais de quartzo, com albita, ortoclásio e microclina exibindo grau de alteração de muito incipiente a incipiente e cristais de quartzo como ausente. Esse grau de alteração, proveniente de saussuritização, para minerais feldspáticos podem indicar uma tendência a serem alterados com maior facilidade (Prancha 3.2-5). Para as microfissuras, a rocha apresenta tamanho variando entre 0,1 e 0,8 mm, exibindo valores de 0,53 microfissuras/mm² do tipo intragrão e de 0,22 microfissuras/mm² do tipo intergrão, indicado valores relativamente altos de microfissuras, sendo observada as com maior frequência em cristais de plagioclásio e microclina e geralmente preenchidas (sericita), e, por vezes, não preenchidas. Os principais tipos de contatos entre minerais encontrados são do tipo plano e serrilhado, e algumas vezes côncavo-convexo.

Os cristais de plagioclásio (albita) apresentam forma subeudral, por vezes eudral, com tamanhos que variam de 0,6 a 2 mm. Esse mineral exibe grau de alteração de incipiente a muito incipiente, sendo que em alguns cristais a alteração apresenta grau moderado. Em relação a microfissuras, os cristais de albita apresentam pequenas quantidades do tipo intragrão, pois a maioria serve de suporte, bem como a clivagem, para o aumento do grau de alteração de alguns cristais. Microfissuras do tipo intergrão ocorrem também em pequenas quantidades sendo geralmente observada quando em contato com cristais de feldspato (microclina e K-feldspato). Os contatos entre outros cristais geralmente apresenta tipo plano quando com cristais de feldspato e moscovitas e, por vezes, côncavos e denteados quando com quartzo e também algumas moscovitas (Prancha 3.2-3).

Os cristais de quartzo exibem forma anedral a subeudral, com tamanhos que variam de 0,2 a 2 mm, onde apresentam grau de alteração ausente. O contato com outros minerais são do tipo côncavo e denteado, sendo que em alguns cristais de albita o contato ser plano. As microfissuras em cristais de quartzo são raras sendo que essas são do tipo intra-grão (Prancha 3.2-4 e 3.2-8).

A muscovita (Prancha 3.2-3) ocorre com forma anedral a subeudral, apresentando tamanhos que variam de 0,3 a 1 mm, sendo que podem apresentar tamanho de até 2 mm

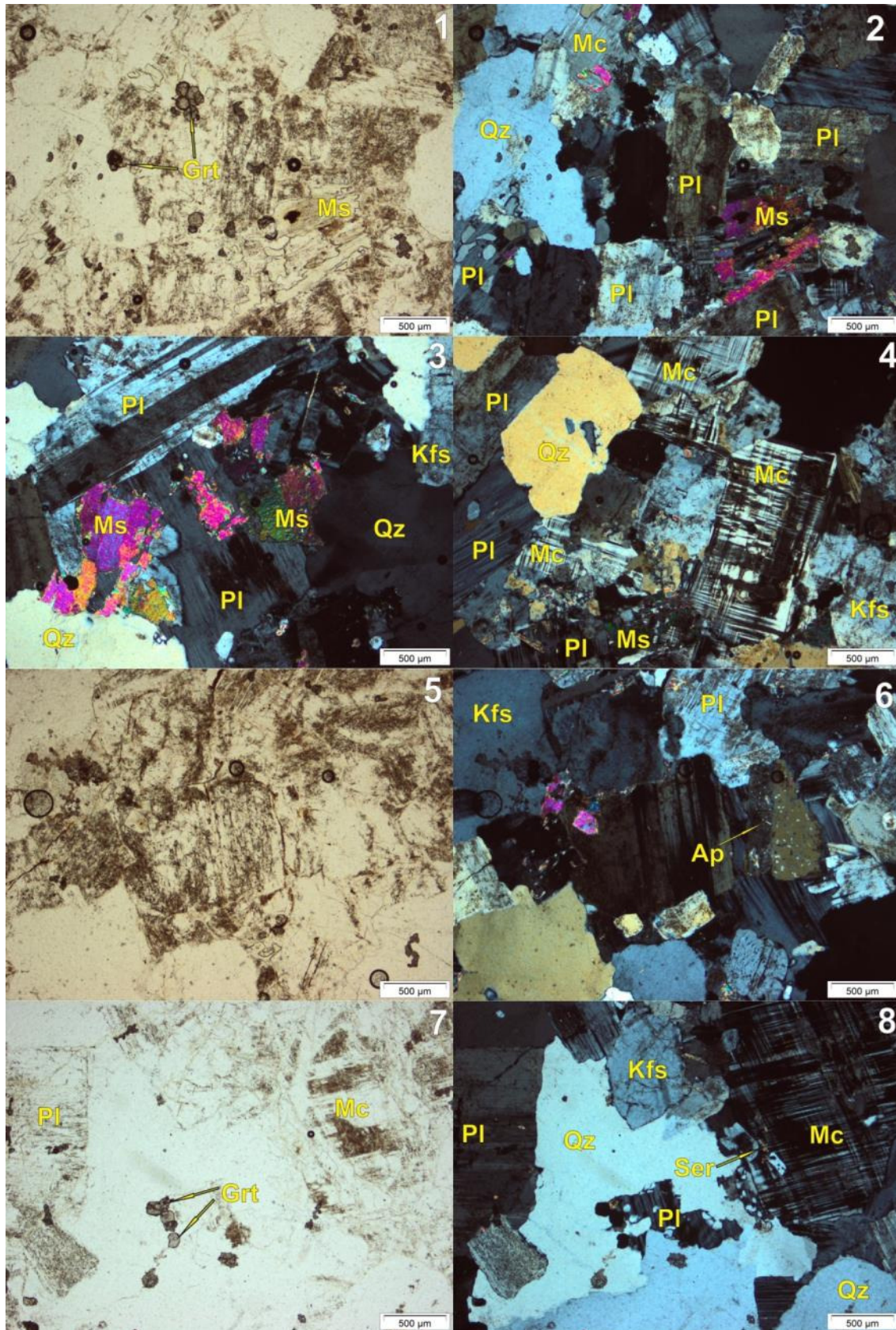
quando estão aglomeradas. Os contatos entre outros cristais são do tipo denteados nas bordas perpendiculares a clivagem e planos quando paralelos a clivagem. Apresentam birrefringência alta e parecem ser consumidas pelo plagioclásio em algumas zonas da lamina. Em outros locais, a muscovita preenche alguns contatos entre grãos. Geralmente as muscovitas apresentam grau de alteração muito incipiente.

Os cristais de microclina, sendo bem identificada pela geminação microclina, ocorrem em paralelo com os cristais de plagioclásio e, por vezes, englobando cristais de ortoclásio. Apresentam forma eudral a subeudral, com tamanhos que variam de 0,5 a 1,5 mm, exibindo grau de alteração de muito incipiente a incipiente, em alguns cristais, até 45% de alteração. Os contatos entre outros cristais são do tipo plano e côncavo, por vezes ocorre a substituição desses cristais por quartzo, gerando um contato denteado. As microfissuras ocorrem são poucas e geralmente estão em conjunto com as zonas de maior alteração dos cristais, tanto fissuras intra e intergrão, podendo aumentar a permeabilidade da rocha (Prancha 3.2-4).

Os K-feldspatos apresentam características semelhantes as dos cristais de microclina, sendo que ocorre formação de textura mimerquítica em alguns cristais, geralmente apresentam mais contatos côncavos do que planos e pode apresentar maior quantidade de microfissuras intergrão que a microclina. Em alguns locais ocorre a presença de sericita preenchendo as fissuras nos cristais.

As granadas exibem forma eudral, com relevo alto, apresentando tamanho de 0,1 a 0,3 mm, geralmente ocorre em agrupamentos de 2 a 5 cristais, por vezes fraturadas. Ocorrem junto a cristais de ortoclásio ou microclina, mas disseminadas na lamina. Apresenta grau de alteração ausente, sendo que alguns cristais exibem bordas e fissuras pouco alteradas (Prancha 3.2-1 e 3.2-7).

Os opacos ocorrem disseminados na lamina, sendo provavelmente a hematita, com tamanhos não superiores a 0,1 mm e também apresenta grau de alteração ausente.



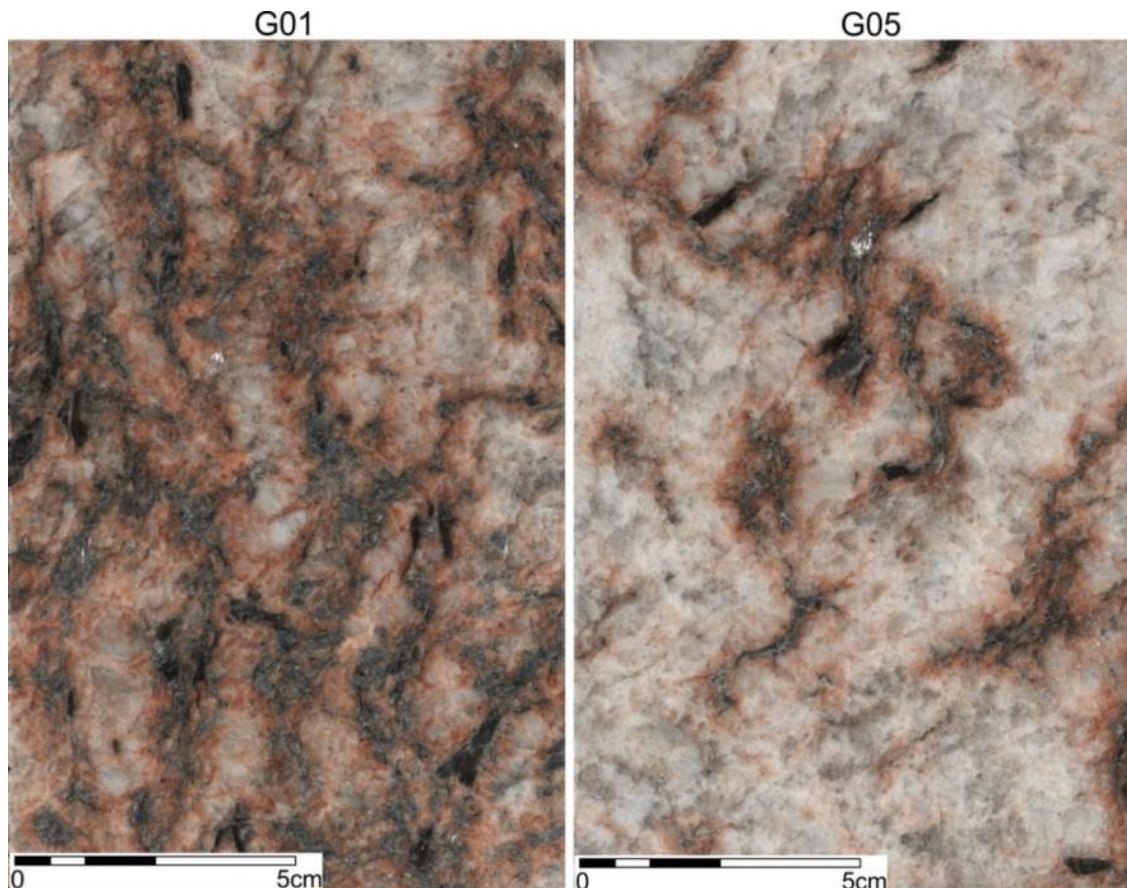
Prancha 3.2 – Fotomicrografia do Branco Nevasca, mostrando as principais características dos minerais presentes no albite granito, de composição mineralógica: composta de quartzo (Qz), plagioclásio (Pl), microclina (Mc), K-feldspato (Kfs), sericita (Ser), muscovita (Ms), apatita (Ap) e granada (Grt). Objetivas de 5X (500 e 250 µm), 10X (200 µm). Luz Polarizada – 2, 4, 5, 6 e 8. Luz natural – 1, 3 e 7.

3.3 Golden Ártico

3.3.1 Analise macroscópica

A rocha apresenta estrutura levemente orientada, marcada pela orientação de minerais micaceos (biotita e muscovita), mas pouco observável em outras zonas das amostras. A rocha é composta visualmente de quartzo, plagioclásio, biotita e muscovita. O tamanho dos cristais variam de 1mm a até 1,5 cm. Em alguns locais da amostra a porcentagem de minerais maficos é de 20 % e em outras zonas, a porcentagem de 65 %. Possui coloração branca com zonas com de cor amarelada a vermelho amarelada, principalmente próximo as biotitas e moscovitas, indicando ser derivada de produto de oxidação das biotitas, percolando a borda de minerais em seus contatos e as fraturas neles existentes. Pode ser observadas algumas fraturas na rocha, com tamanho milimétrico a até 3 cm, sendo fechadas ou preenchidas por produto de oxidação de biotitas, sendo pontos que podem reduzir a resistência da rocha ou facilidade de percolação de agua e dissolução de minerais menos resistentes.

Figura 3.3 – A rocha apresenta estrutura levemente orientada, marcada pela orientação de minerais micaceos (biotita e muscovita), com cristais variam de 1mm a até 1,5 cm e coloração branca com zonas com de cor amarelada a vermelho amarelada.



3.3.2 Análise Microscópica

Na análise microscópica, a rocha apresenta textura granoblástica a lepidogranoblástica, com leve orientação das biotitas e muscovitas, exibindo cristais de tamanho que variam de 0,2 mm a 3 mm. A mineralogia da rocha é composta de quartzo (31%), plagioclásio (23%), K-feldspato (12%), muscovita (10%), biotita (16%), granada (7%) e como acessórios, perfazendo 1%, temos apatita (0,5%), actinolita (0,1%) e opacos (0,4%).

Em relação ao grau de alteração, a rocha apresenta alteração ausente na maioria dos cristais de quartzo, mas os outros cristais apresentam grau muito incipiente a incipiente, principalmente nos feldspatos e plagioclásios. As microfissuras ocorrem principalmente do tipo intergrão, com tamanho médio de 1 mm de comprimento, geralmente entre cristais de plagioclásio e feldspatos e alguns quartzos. A rocha apresenta alta quantidade de microfissuras, com 0,70 microfissuras/mm² para intragrão e 0,44 microfissuras/mm² para intergrão, podendo indicar uma boa comunicabilidade entre elas, sugerindo um aumento da permeabilidade da rocha. Microfissuras intragrão ocorrem em maior quantidade em feldspatos e em muitos contatos de minerais é observado o preenchimento destes com produtos de alteração da biotita e muscovita.

O quartzo apresenta forma anedral, geralmente com leve deformação e estiramento em um dos eixos cristalinos, exibindo extinção ondulante na maioria dos cristais. Ocorre com tamanho que pode variar de 0,2 a 3 mm, sendo observado alguns com 1 cm. Os contatos entre os grãos são do tipo denteados na maioria dos cristais e em alguns ocorrem do tipo plano. Os cristais de quartzo não apresentam alteração, sendo mais visíveis minerais produtos de alteração entre os contatos dos cristais. As microfissuras nos cristais de quartzo são poucos, tanto intra e intergrão, sendo que a maioria delas é preenchida.

O plagioclásio exibe forma anedral a subeudral, com quase a mesma proporção de quartzo, com tamanho que variam de 0,5 a 1,5 mm, mostrando contatos planos entre cristais de plagioclásio e micas e também com contatos denteados entre alguns cristais de quartzo. Nessa rocha os cristais de plagioclásio apresentam grau de alteração de muito incipiente a ausente. Alguns cristais exibem textura mimerquítica, ocorrendo como estrutura de dissolução dos feldspatos (Prancha 3.3-4). A maior parte dos cristais apresenta microfissuras do tipo intragrão e as do tipo intergrão geralmente ocorrem preenchidas pela oxidação dos cristais de biotita.

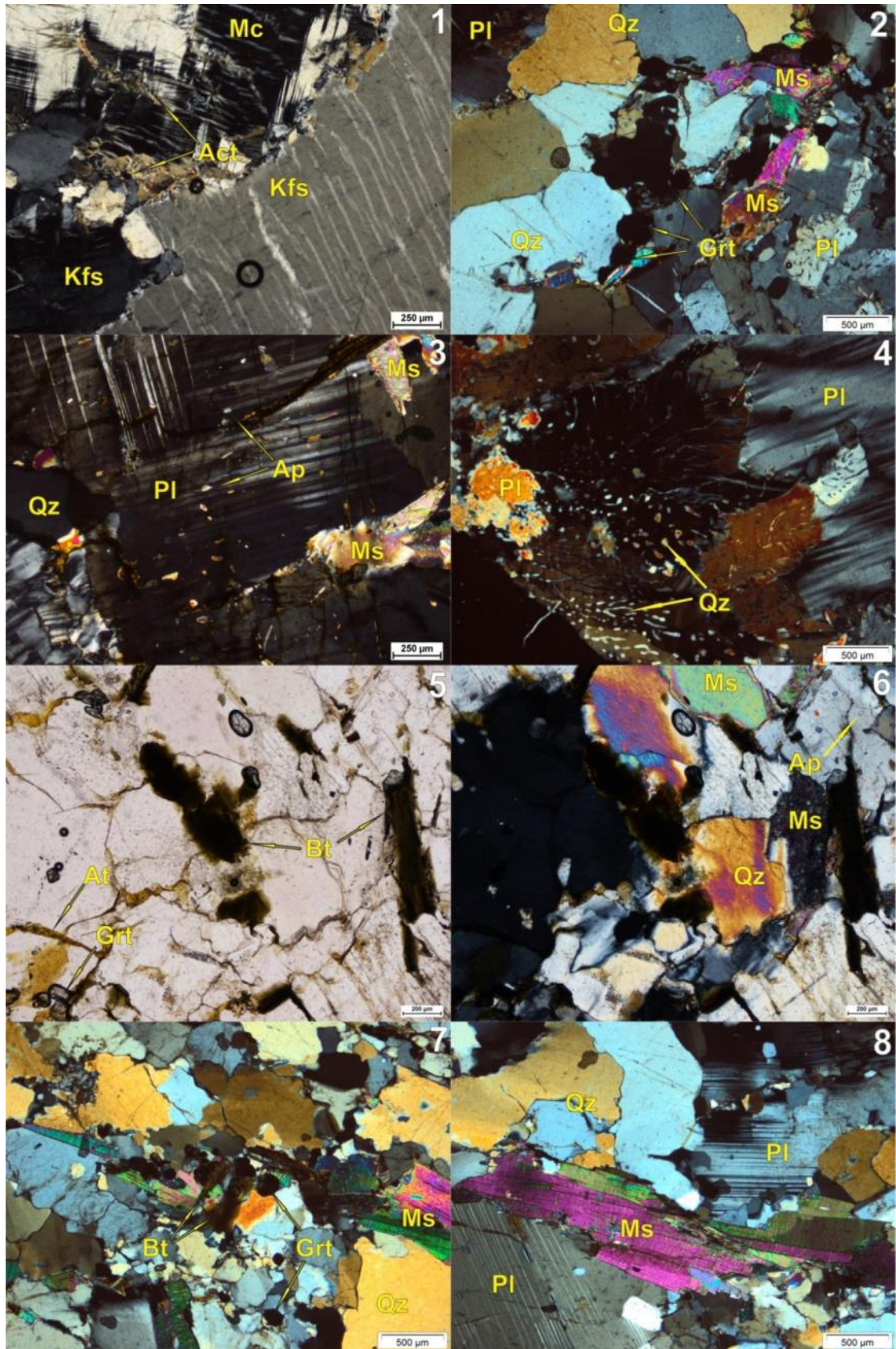
A muscovita ocorre, principalmente em conjunto com a biotita, com tamanho que variam de 0,1 a 1 mm. Muitos destes minerais apresentam contatos planos e denteados, onde a

biotita e a muscovita geralmente exibem um leve sentido de orientação, juntamente com os cristais de quartzo. Em relação ao grau de alteração, as biotitas e muscovitas apresentam grau variável, desde ausente em alguns cristais a moderado em com biotitas. Muitas biotitas apresentam dissolução e geram produtos que preenchem as fissuras e contatos entre grãos.

O K-feldspato exibe forma anedral a subeudral, com tamanho que variam de 0,4 a 1 mm. Em relação a alteração dos cristais, o K-feldspato apresenta grau ausente e em alguns locais com grau muito incipiente. As microfissuras ocorrem do tipo intergrão e intragrão, sendo mais expressivas as do tipo intergrão nesses cristais, geralmente com preenchimento de produtos da oxidação da biotita. Os contatos com outros minerais se dá por contato do tipo denteado e concavos, principalmente entre eles mesmos, plagioclásios e os quartzos. Em alguns cristais, são observados cristais inclusos de apatita.

A granada (figura 3.3-5 e 3.3-7) ocorre de forma disseminada na lamina, mas geralmente concentram-se em maior quantidade próximo a biotitas e moscovitas, com tamanho que variam de 0,1 a 0,3 mm. Ocorrem com forma eudral a subeudral quando fraturadas, com contatos do tipo côncavos devido ao formato arredondado dos cristais.

E como acessórios, a apatita ocorre em pequena quantidade na rocha, sendo encontrado incluso em cristais de plagioclásio (Prancha 3.3-3) e K-feldspato, por vezes em alguns quartzos. Os cristais de actinolita (Prancha 3.3-1) ocorrem raramente na lâmina, sendo observados em fraturas ou nas bordas com cristais de microlina ou K-feldspato, com tamanhos de até 0,2 mm. Os minerais opacos ocorrem próximos a biotitas e preenchendo fraturas ou contatos com outros minerais, podendo ser produto de alteração das mesmas.



Prancha 3.3 – Fotomicrografia do Golden Ártico, mostrando as principais características dos minerais presentes no gnaiss granoblástico, de composição mineralógica: composta de quartzo (Qz), plagioclásio (Pl), microclina (Mc), K-feldspato (Kfs), muscovita (Ms), apatita (Ap) e granada (Grt). Objetivas de 5X (500 e 250 µm), 10X (200 µm). Luz Polarizada – 1, 2, 3, 4, 6, 7 e 8. Luz natural – 5.

Tabela 3.1 – Resumos das principais características petrográficas das rochas avaliadas.

Características Petrográficas				
		Juparana Bordeaux	Branco Nevasca	Golden Ártico
Classificação Petrográfica		Pegmatito	Albita Granito	Granada Muscovita Biotita Gnaiss
Minerais (%)	Quartzo	28	27	31
	Plagioclásio	16	45	23
	Microclina	22	12	-
	Muscovita	2	10	10
	Biotita	9	-	16
	Opaco (Hematita)	2	0,3	0,4
	Feldspato Potássico	20	2	12
	Apatita	0,3	0,4	0,5
	Alanita	0,6	-	-
	Sericita	-	0,3	-
	Granada	-	3	7
	Zircão	0,1	-	-
	Actinolita	-	-	0,1
Microfissuras	Intragrão (m.f./mm ²)	0,95	0,53	0,7
	Intergrão (m.f./mm ²)	0,36	0,22	0,44
	Tamanho (mm)	0,1 a 2	0,1 a 0,8	0,3 a 1 mm
Alteração mineral	Moderado	Alanita	-	-
	Incipiente	plagioclásio, opacos	plagioclásio, microclina	plagioclásio, muscovita, biotita
	Muito Incipiente	plagioclásio, biotita, muscovita	plagioclásio, microclina, muscovitas, k-feldspato	plagioclásio, muscovita, biotita, k-feldspato
	Ausente	quartzo, zircão e apatita	quartzo, granada, opacos	quartzo, k-feldspato, granada
(m.f./mm ²) = microfissuras/mm ²				

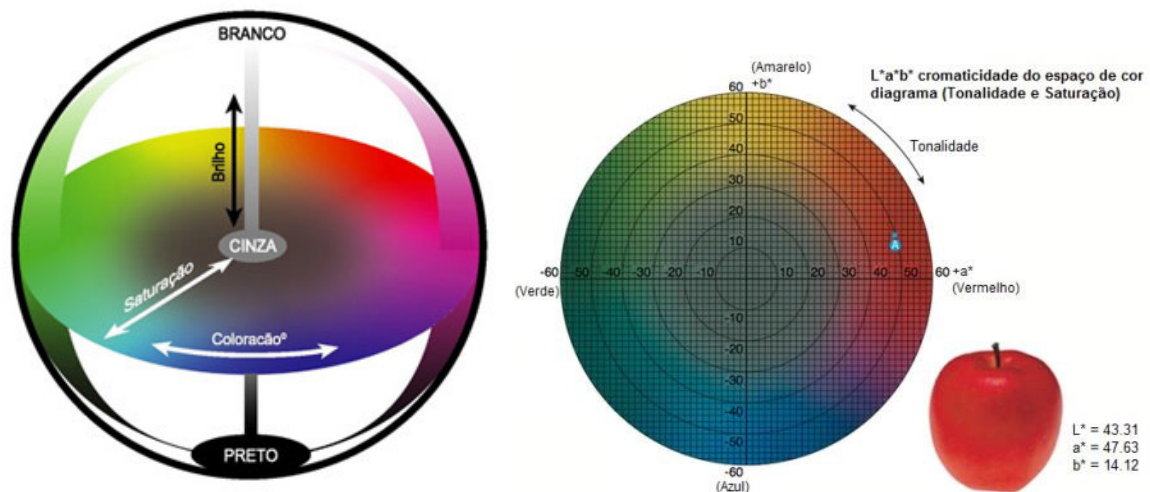
Fonte - Autor

4. COLORIMETRIA – SISTEMA CIE LAB

Os resultados referentes aos estados natural, 50 e 100 ciclos de alteração nas placas avaliadas foram analisados os valores de $L^*a^*b^*$ e ΔE , do sistema CIE (CIELAB, 1976), utilizando o espectrofotômetro CM 508d. Nos gráficos 4.1 a 4.3 estão dispostos as médias dos resultados obtidos em cada campo de aquisição de seis placas das amostras dos Juparana Bordeaux (B-01, B-02, B-03, B-04, B-05 e B-06), Golden Ártico (G-01, G-02, G-03, G-04, G-05 e G-06) e Branco Nevasca (BN-01, BN-02, BN-03, BN-04, BN-05 e BN-06).

Como a maioria das amostras apresentam variedades na cor devido a mineralogia da rocha foram observados, principalmente, a variação da luminosidade L (brilho) e a mudança de cor entre os parâmetros a^* (componentes verde-vermelho) e b^* (componentes azul-amarelo) (Figura 4.1). Nas observações, foram avaliadas as variações dos valores dos campos de aquisição antes e após os ensaios de alteração acelerada. Os resultados foram discutidos e comparados com as representações abaixo, bem como com os parâmetros propostos pela norma DIN 6174-1979.

Figura 4.1 – Modelo da estrutura do sistema CIE $L^*a^*b^*$ para a interpretação dos dados obtidos nos campos de aquisição das placas. (MINOLTA, 2013)

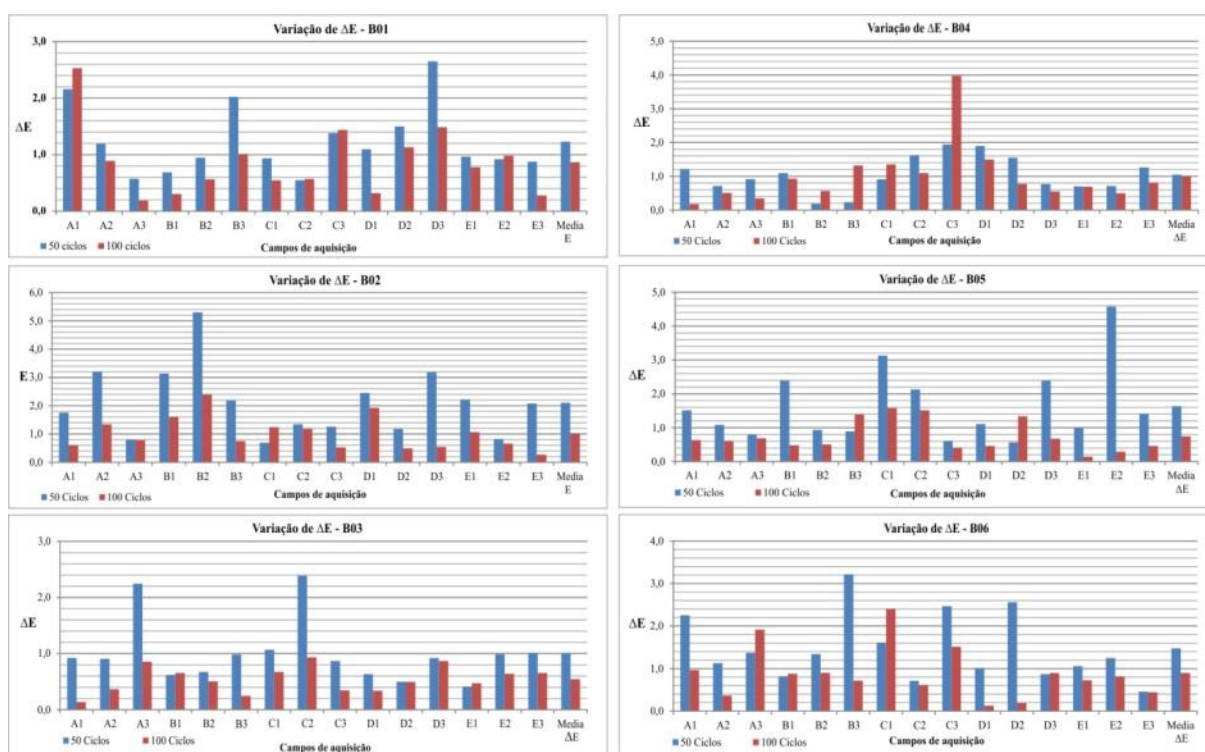


4.1 Análises dos Valores de ΔE

4.1.1 Juparana Bordeaux

Os resultados para ΔE da placa B01 apresentaram valores médios de 1,23 para 0-50 ciclos e 0,87 de 50-100 ciclos, indicando um aumento somatório de 2,10 para a média dos valores ΔE para 0-100 ciclos (Gráfico 4.1 – Valores de ΔE -B01). Conforme visto somente os valores superiores a 3 que são detectáveis a vista humana, os resultados obtidos para a placa mostram que não ocorreu uma variação visível da cor para os ciclos de alteração na placa.

Gráfico 4.1 – Gráficos dos valores de ΔE dos campos de aquisição das 6 placas do Juparana Bordeaux analisadas após 50 e 100 ciclos de alteração acelerada.



Os resultados referentes à ΔE da placa B02, mostram que as principais alterações nas cores ocorreram no primeiro intervalo de ciclos, entre 0-50 ciclos, onde os que apresentaram as maiores variações foram os campos B2, D3 e B1 para este intervalo, exibindo valores de ΔE de 5,30, 3,19 e 3,14 respectivamente (Gráfico 4.1 – Valores de ΔE -B02). Com esses valores, já pode ser observado pela vista humana. Em comparação com os valores obtidos para ΔE no intervalo de 50-100 ciclos, os que apresentaram maior valor foram os campos B2 e D1 com 2,40 e 1,92 respectivamente. Em relação à média geral da placa, os valores de ΔE mostraram que a placa não sofreu grande variação na coloração com os ciclos de envelhecimento, mas indicam uma maior alteração no primeiro intervalo com valor médio

de 2,11, sendo que no segundo intervalo de leituras os valores exibidos mostravam média de 1,03.

Os resultados referentes à ΔE da placa B03, mostram que as principais alterações nas cores ocorreram no primeiro intervalo dos ciclos, entre 0-50 ciclos, apresentando maiores variações nos campos A3 e C2, para esse intervalo, exibindo valores de ΔE de 2,24 e 2,39 respectivamente. Com relação aos valores médios de ΔE obtidos nos campos da placa, mostram uma maior variação no primeiro intervalo dos ciclos, com 1,01 em relação ao segundo intervalo que exibiu valor médio de 0,55 (Gráfico 4.1 – Valores de ΔE -B03).

Os valores de ΔE da placa B04 apresentaram resultados baixos, indicando que é pouco perceptível à vista humana, sendo que o campo C3 exibiu valores mais altos em relação aos demais (Gráfico 4.1 – Valores de ΔE -B04). Neste campo, os valores obtidos foram de 1,94 no intervalo do estado natural para 50 ciclos (0-50 ciclos) e de 3,97 de 50 para 100 ciclos (50-100 ciclos), mostrando que ocorreu uma variação mais significativa para este campo com uma ligeira modificação na coloração e clareamento do material.

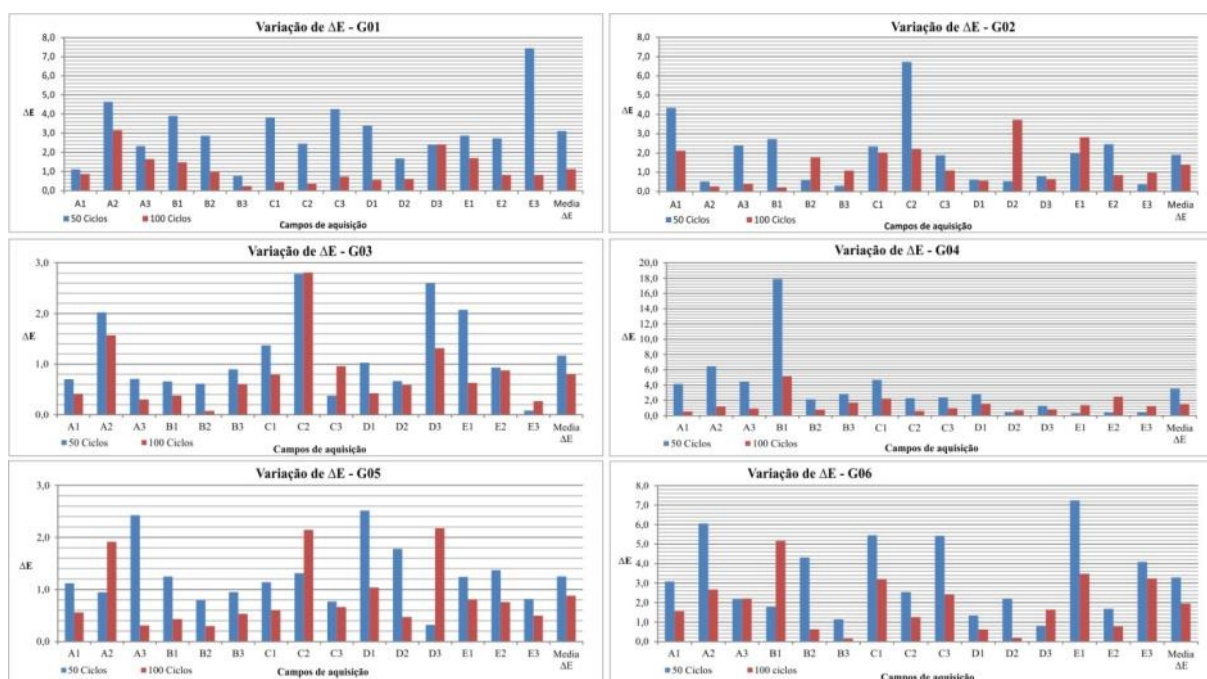
Os valores de ΔE na placa B05 apresentaram variações pouco expressivas, sendo que os campos C1, C2 e E2 mostraram variações mais altas (Gráfico 4.1 – Valores de ΔE -B05). Em C1 e C2, os valores obtidos foram de 3,13 e 2,13 no intervalo do estado natural a 50 ciclos, respectivamente, e de 1,58 e 1,51 entre 50 e 100 ciclos. No campo E1, o valor obtido foi de 4,58 do estado natural para 50 ciclos e de 0,29 entre 50 e 100 ciclos. Na placa, os resultados mostraram média de 1,64 para o intervalo do estado natural para 50 ciclos e de 0,75 entre 50 e 100 ciclos, indicando uma maior modificação na cor da placa no primeiro intervalo do que no segundo intervalo de ciclos de alteração, mas que não apresentava uma modificação visual significativa para a percepção humana.

Os valores de ΔE em B06 mostraram que ocorreram pequenas variações, mas não significativas no decorrer dos ciclos de alteração. Somente os campos A1, B3, C3 e D2, no primeiro intervalo (0-50 ciclos), apresentaram valores expressivos de ΔE , com 2,26, 3,22, 2,47 e 2,56 respectivamente, onde o valor médio para a placa foi de 1,48 (Gráfico 4.1 – Valores de ΔE -B06). No segundo intervalo (50-100 ciclos) de ciclos de alteração, os campos que sofreram maior alteração foram A3 e C1 que exibiram maiores valores de ΔE , sendo que a média para a placa no segundo intervalo de ciclos de alteração foi de 0,90. Com esses dados ocorreu uma maior variação de cores no primeiro intervalo de ciclos de alteração do que no segundo intervalo de ciclos.

4.1.2 Golden Ártico

Na placa G01 os valores de ΔE indicaram uma maior alteração da placa no primeiro intervalo de ciclos de alteração, exibindo valor médio de 3,12 para a placa, sendo que os campos A2, C3 e E3 apresentaram maiores valores da cor, com 4,65, 4,26 e 7,45 respectivamente (Gráfico 4.2 – Valores de ΔE -G01). No segundo período de ciclos de alteração a variação média foi de 1,12, sendo que o campo A2 exibiu valor de 3,15, indicando uma alteração mais perceptível que nos demais campos.

Gráfico 4.2 – Gráficos dos valores de ΔE dos campos de aquisição das 6 placas do Golden Ártico analisadas após 50 e 100 ciclos de alteração acelerada.



Os resultados de ΔE mostraram que, para a placa G-02, alguns campos que apresentaram valores acima de 3 no primeiro intervalo de ciclos de alteração, como nos campos A1 com 4,35 e C2 com 6,72, indicando uma alteração perceptível, principalmente pelo aumento no clareamento da placa nestes campos (Gráfico 4.2 – Valores de ΔE -G02). No segundo intervalo de ciclos, somente o campo D2 que apresentou maior variação, com ΔE de 3,72, indicando uma pequena alteração perceptível, com aumento do clareamento deste campo.

Os resultados de ΔE mostraram que a placa G-03 não apresentou alterações perceptíveis ao olho humano, mas em alguns campos os valores foram próximos a 3, o qual poderia apresentar-se perceptível (Gráfico 4.2 – Valores de ΔE -G03). Os campos A2, C2 e D3

apresentaram valores de ΔE de 2,02, 2,78 e 2,60, respectivamente, para o primeiro intervalo de ciclos de alteração, e de 1,57, 2,81 e 1,31, respectivamente, para o segundo intervalo de ciclos de alteração. Os valores médios dos campos para a placa mostraram valores de 1,17 para o intervalo do estado natural para 50 ciclos e de 0,80 entre 50 e 100 ciclos. Com isso, os dados indicam que a placa apresentou alterações mais altas no primeiro intervalo de ciclos de alteração do que no segundo e que não é perceptível aos olhos humanos, sendo necessário, em alguns campos, a observação mais detalhada para identificar alterações de cor e clareamento da placa.

Os resultados de ΔE mostraram que a placa G-04 apresenta alguns campos com alteração pouco perceptível aos olhos humanos, com valores acima de 3, como nos campos A1, A2, A3, B1 e C1, no primeiro intervalo ciclos de alteração e o campo B1 no segundo intervalo de ciclos de alteração (Gráfico 4.2 – Valores de ΔE -G04).

Os resultados de ΔE para a placa G-05 não exibiram variações significativas para os campos de análise da amostra, mas alguns apresentaram maiores variações do que a média para a placa durante o primeiro intervalo de ciclos de alteração (Gráfico 4.20 – Valores de ΔE -G05). Os campos A3 e D1 mostraram variações de 2,43 e 2,52, respectivamente, durante o primeiro intervalo de ciclos de alteração. No segundo intervalo de ciclos, os campos C2 e D3 apresentaram maiores variações, com 2,14 e 2,18 respectivamente. Para a placa, o valor médio de ΔE foi de 1,25 para o primeiro intervalo de ciclos de alteração e de 0,88 para o segundo intervalo de ciclos de alteração, indicando uma maior alteração na cor da amostra durante o primeiro intervalo de ciclos que no segundo, mas não perceptível aos olhos humanos.

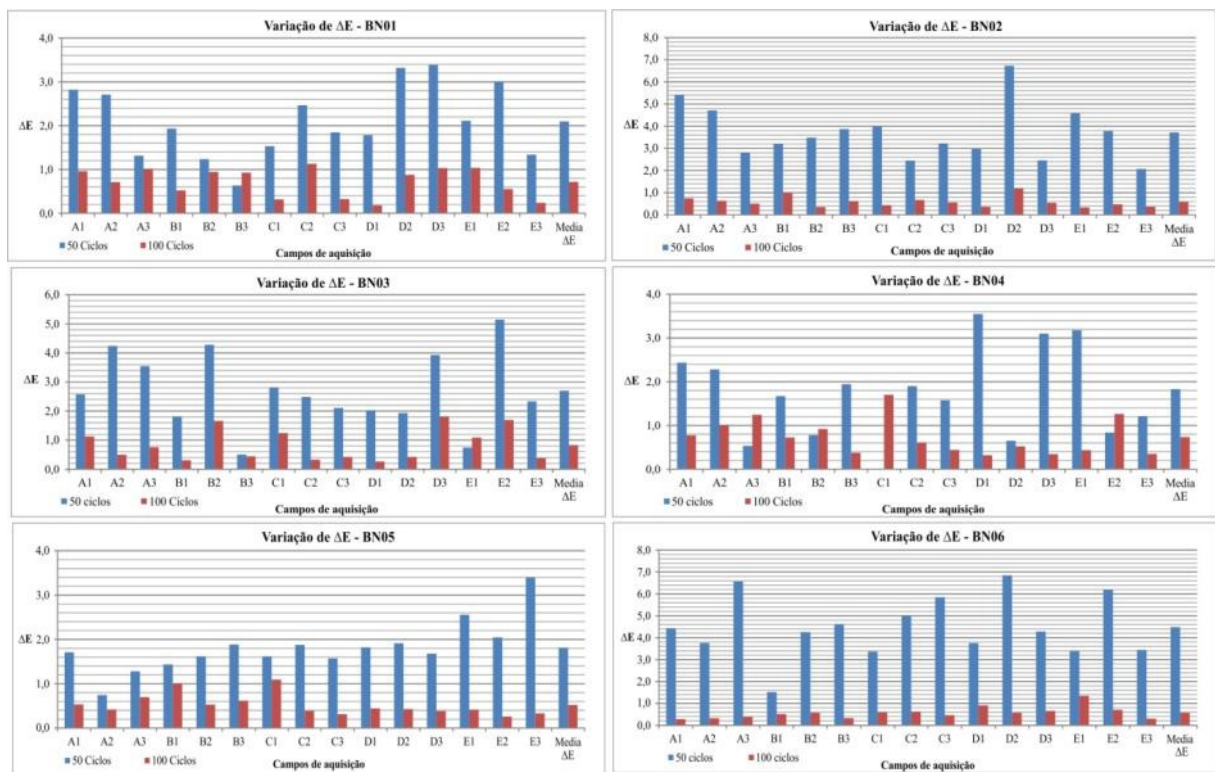
Os resultados referentes ao ΔE da placa G-06 mostraram que os campos das amostras exibiram alterações que podem ser perceptíveis aos olhos humanos, sendo que alguns campos apresentaram maior alteração que outros (Gráfico 4.2 – Valores de ΔE -G06). Os campos que apresentaram variações acima de 3, no primeiro intervalo de ciclos, foram A1, A2, B2, C1, C3, E1 e E3, sendo que os que exibiram maior valor de ΔE foram A2 e E1 com 6,07 e 7,25, respectivamente. Esses campos apresentaram maior alteração devido aos minerais apresentarem maior quantidade de microfissuras e como estão próximos à minerais de mais fácil alteração, como biotitas, tendem a exibir mudança de cor maior.

4.1.3 Branco Nevasca

Os resultados de ΔE na placa BN01 indicam que os campos de aquisição na placa apresentaram maior alteração no primeiro intervalo de ciclos de alteração acelerada, mas

somente alguns campos que são pouco perceptíveis como D2, D3 e E2. Esses campos apresentaram valores um pouco acima de 3, que é um valor perceptível para os olhos humanos. Exibiram valores de 3,32, 3,39 e 3,01 para os campos D2, D3 e E2 respectivamente (Gráfico 4.3 – Valores de ΔE -BN01). Esses valores mais altos nesses campos podem ser resultados de um maior aumento no clareamento da amostra durante o primeiro intervalo de ciclos de envelhecimento acelerado. No segundo intervalo de ciclos de alteração, os campos não apresentaram variações acima de 3, mostrando-se não perceptível aos olhos humanos.

Gráfico 4.3 – Gráficos dos valores de ΔE dos campos de aquisição das 6 placas do Branco Nevasca analisadas após 50 e 100 ciclos de alteração acelerada.



Os resultados de ΔE na placa BN02 mostra variações acima de 3 em vários campos analisados no primeiro intervalo de ciclos de alteração e com menor expressão no segundo intervalo de ciclos (Gráfico 4.3 – Valores de ΔE -BN02). Os valores médios obtidos para ΔE foram de 3,72 para o intervalo de 0-50 ciclos e de 0,59 para o intervalo de 50-100 ciclos, mostrando essa maior variação no primeiro intervalo de 3 ciclos e essa alteração é mais expressiva devido a maior variação em L^* principalmente durante o primeiro intervalo de ciclos de alteração.

Os resultados de ΔE da placa BN03 mostram variações significativas no primeiro intervalo de ciclos de alteração, com valores acima de 3, como nos campos A2, A3, B2, D3,

E2 que exibiram valores de 4,24, 3,55, 4,28, 3,93 e 5,15 respectivamente, sendo perceptíveis as alterações ao olho humano (Gráfico 4.3 – Valores de ΔE -BN03). Os valores médios obtidos foram de 2,70 para o intervalo de 0-50 ciclos e de 0,83 para o intervalo de 50-100 ciclos, indicando que a placa apresentou alteração mais acentuada durante o primeiro intervalo de ciclos de alteração que no segundo, sendo mais destacada pelo aumento do clareamento da rocha devido a alteração da superfície dos plagioclásios.

Os resultados de ΔE na placa BN04 mostram variações pouco significativas durante os ciclos de alteração, com alguns campos (D1, D3 e E1) exibindo valores acima de 3, perceptíveis ao olho humano, principalmente no primeiro intervalo de ciclos de alteração (Gráfico 4.3 – Valores de ΔE -BN04). Nos campos D1, D3 e E1 os valores de ΔE obtidos no primeiro intervalo de ciclos de alteração foram de 3,55, 3,10 e 3,18 respectivamente, indicando uma maior alteração da coloração e clareamento, sendo que esses maiores valores se devem a uma maior variação no clareamento da rocha pela alteração da superfície dos plagioclásios.

Os resultados de ΔE na placa BN05 mostram variações pouco significativas, com valores abaixo de 3, mas com o campo E3 com valor de 3,40, indicando uma maior alteração da cor neste campo da placa (Gráfico 4.3 – Valores de ΔE -BN05). Os valores médios de ΔE nos campos da placa foram de 1,81 no primeiro intervalo de ciclos de alteração e de 0,52 para o intervalo de 50 a 100 ciclos. Esses valores indicam uma alteração não perceptível ao olho humano, mas com um campo apresentando alteração mais perceptível. A ocorrência de alteração deve-se pelo aumento do clareamento da rocha durante os ciclos de alteração. Os valores de tons de cinza obtidos nas componentes “a*” e “b*”, com valores próximos a 0 (zero) apresentaram clareamento de suas cores, principalmente pela alteração da superfície dos plagioclásios.

Os resultados de ΔE na placa BN06 mostraram que em vários campos houve modificação na cor da amostra, com valores acima de 3, com exceção do campo B1 (Gráfico 4.3 – Valores de ΔE -BN06). Os valores médios obtidos para os campos da placa foram de 4,48, no primeiro intervalo, e de 0,57, no segundo intervalo de ciclos de alteração, indicando uma maior variação na cor durante os ciclos iniciais de alteração do que no segundo. Essa variação se deve mais a um aumento na claridade da amostra e em algumas variações mais significativas na componente “b*”. As maiores alterações foram nos campos A3, D2 e E2 que mostraram valores de 6,56, 6,85 e 6,19 respectivamente, devido a uma diferença de tonalidade pouco avermelhada no centro desses campos no estado natural que foram reduzidos e clareados durante os ciclos de alteração.

5 AQUISIÇÃO DE IMAGENS POR ESCANEAMENTO E TRATAMENTO USANDO O IMAGEJ – COLOR INSPECTOR 3D

A exposição das rochas à ação de agentes agressivos na “estética” de chapas beneficiadas vem sendo estudadas por vários autores (AIRES-BARROS, 1991; FRASCÁ, 2003; FIGUEIREDO et al., 2004; BESSA-TORQUATO, 2004, FRASCÁ & YAMAMOTO, 2006), avaliando a durabilidade e as feições de alteração, como a modificação na cor desses materiais. A motivação desse estudo é de inserir uma nova forma de identificar alterações na superfície de placas após ciclos de envelhecimento acelerado, mostrando as variações na coloração da superfície da rocha baseando-se na análise de imagens utilizando software livre.

Primeiramente foram analisadas imagens das placas de forma a identificar as principais feições da rocha, como estrutura e textura, para uma avaliação do possível comportamento do material após os ciclos de envelhecimento acelerado. Logo após, foram realizadas as aquisições das imagens das placas e depois dos ciclos de envelhecimento acelerado. O tratamento das imagens foi realizado no software ImageJ 1.48, desenvolvido pela National Institutes of Health (NIH), sendo utilizados os dados das medições dos valores dos pixels presentes em imagens com aproximadamente 30 Mb. Os valores foram baseados nas análises dos valores de cada pixel da imagem e posteriormente comparado com os seus respectivos valores após os ciclos de alteração.

Na análise inicial, foram comparados os valores de níveis de cinza das amostras, baseados no espaço RGB obtido com a aquisição das imagens das placas. Os resultados obtidos foram dispostos na forma de tabela e gráfico, a fim de uma melhor comparação com os valores médios e visualmente com a variação na curva do gráfico no decorrer dos ciclos de alteração.

5.1 Juparana Bordeaux

As amostras do Juparana Bordeaux não exibiram grandes alterações na coloração da rocha com as alterações sofridas na câmara de simulação climática. Os valores médios encontrados para a curva de nível de cinza, mostra os maiores valores, exibiram maiores diferenças entre o intervalo inicial, de natural a 50 ciclos, do que no segundo intervalo de ciclos de envelhecimento acelerado, 50 a 100 ciclos.

Para essas amostras, as médias obtidas para o Juparana Bordeaux indicam que a rocha apresentou um clareamento pouco perceptível após a primeira etapa de ciclos de envelhecimento acelerado, podendo ser visualizado na tabela 5.1. As principais mudanças

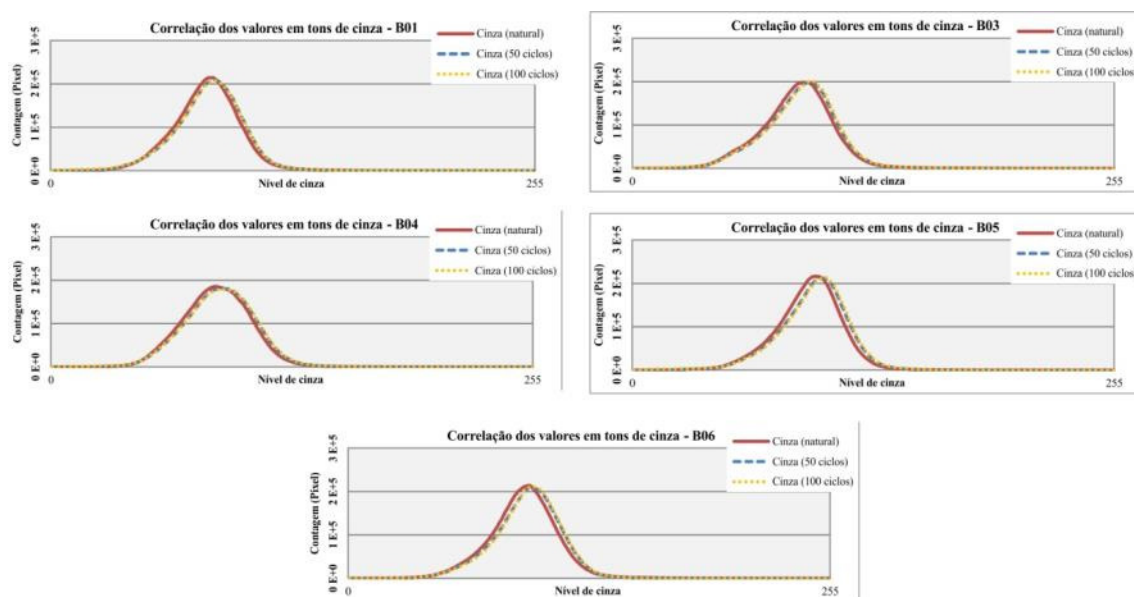
analisadas visualmente foram um leve clareamento de minerais de k-feldspato e plagioclásio, e outras ocorrências são o preenchimento de fraturas e fissuras em cristais sendo proveniente da saussuritização e/ou sericitização de plagioclásios.

Tabela 5.1 – Valores obtidos de nível de cinza das amostras do Juparana Bordeaux, no estado natural e após 50 e 100 ciclos de envelhecimento acelerado.

B01						
	Area	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo	Mediana
Natural	152.69	81.01	17.02	9	246	82
50 ciclos	152.98	82.52	17.40	7	247	83
100 ciclos	154.73	81.95	18.57	0	255	83
B03						
	Area	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo	Mediana
Natural	153.22	86.11	18.66	9	255	87
50 ciclos	153.16	87.78	18.89	7	255	89
100 ciclos	155.43	87.98	19.99	0	255	90
B04						
	Area	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo	Mediana
natural	153.79	86.49	17.86	10	253	87
50 ciclos	153.57	88.28	18.26	7	255	89
100 ciclos	155.26	88.32	19.20	0	255	89
B05						
	Area	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo	Mediana
natural	152.90	92.15	17.33	3	254	94
50 ciclos	153.38	94.56	17.85	3	255	96
100 ciclos	155.08	94.84	19.24	0	255	97
B06						
	Area	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo	Mediana
Natural	153.43	91.64	17.77	5	254	92
50 ciclos	153.13	93.52	17.49	8	245	95
100 ciclos	152.59	94.19	17.40	17	240	95

No gráfico 5.1 mostram os valores dos pixels em nível de cinza encontrados para as amostras do Juparana Bordeaux, dispostos em forma de curva. Como pode ser observado os valores em vermelho mostram os resultados no estado natural, azul para 50 ciclos e amarelo para 100 ciclos. Em todos os gráficos é exibido um ligeiro deslocamento da curva para níveis mais altos de cinza, mostrado também na tabela 5.1, que indica um pequeno clareamento da rocha após os ciclos de envelhecimento acelerado.

Gráfico 5.1 – Gráficos dos níveis de cinza encontrados nas amostras do Juparana Bordeaux, no estado natural e após 50 e 100 ciclos



As amostras do Juparana Bordeaux mostraram boa resistência nas condições impostas pela câmara de simulação climática, com pouca perda na cor da rocha e alterações mais restritas, como o deslocamento da borda de minerais micáceos, com biotita, preenchimento de fissuras por produtos de alteração de minerais e aumento da alteração de minerais como plagioclásio e feldspato, que provavelmente apresentavam maior susceptibilidade à alteração.

5.2 Branco Nevasca

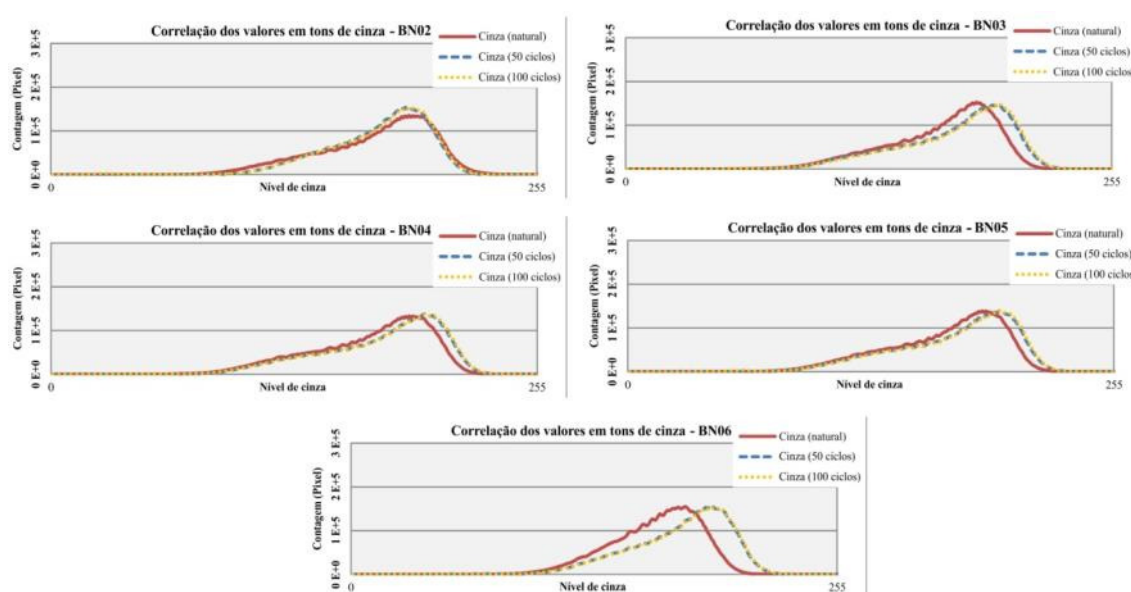
As amostras do Branco Nevasca apresentaram variação nos valores médios mais expressivos no intervalo do estado natural para 50 ciclos, principalmente nas amostras BN02 e BN06, que apresentam uma composição um pouco diferente das outras amostras, com uma coloração de cinza mais escura. Essas amostras apresentaram variações maiores no clareamento da rocha do que nas demais amostras, sendo mais perceptível esse clareamento nos plagioclásios (albita) e k-feldspato, por vezes alguns quartzos, que na primeira etapa de ciclos de envelhecimento acelerado, natural a 50 ciclos, mostraram maiores valores de alteração, como pode ser observado na tabela 5.2.

Tabela 5.2 – Valores obtidos de nível de cinza das amostras do Branco Nevasca, no estado natural e após 50 e 100 ciclos de envelhecimento acelerado.

BN02						
	Area	Média	Desvio padrão	Mínino	Máximo	Mediana
Natural	153.09	159.84	23.66	28	255	163
50 ciclos	153.11	171.03	25.29	29	255	176
100 ciclos	154.38	170.80	27.97	6	255	177
BN03						
	Area	Média	Desvio padrão	Mínino	Máximo	Mediana
Natural	151.42	164.80	31	255	171	0
50 ciclos	153.84	170.92	29.52	14	255	178
100 ciclos	153.86	171.79	30.47	19	255	179
BN04						
	Area	Média	Desvio padrão	Mínino	Máximo	Mediana
Natural	153.81	166.30	30.30	29	255	173
50 ciclos	152.31	171.82	30.94	33	255	179
100 ciclos	153.86	171.72	32.25	8	255	180
BN05						
	Area	Média	Desvio padrão	Mínino	Máximo	Mediana
Natural	153.14	165.18	29.32	26	255	172
50 ciclos	153.51	170.01	30.85	13	255	177
100 ciclos	154.03	170.34	31.59	14	255	178
BN06						
	Area	Média	Desvio padrão	Mínino	Máximo	Mediana
Natural	152.57	158.94	22.78	34	255	162
50 ciclos	153.37	171.53	25.68	21	255	177
100 ciclos	153.33	171.82	26.29	15	255	177

Nos gráficos para o Branco Nevasca, os valores obtidos mostraram aumento nos valores de níveis de cinza dos pixels após os primeiros 50 ciclos de alteração, principalmente na amostra BN06. As amostras BN03, BN04 e BN05 exibiram aumentos menores, mas sendo mais perceptíveis os aumentos em todas as amostras. Os valores obtidos na amostra BN02 mostrou um aumento na contagem dos números de pixels com coloração mais clara após 50 ciclos de envelhecimento acelerado, indicando um aumento no clareamento da amostra.

Gráfico 5.2 – Gráficos dos níveis de cinza encontrados nas amostras do Branco Nevasca, no estado natural e após 50 e 100 ciclos.



5.3 Golden Ártico

As amostras do Golden Ártico não apresentaram variações significativas nos níveis de cinza dos pixels, como mostra a tabela 5.3. As amostras G01 e G03 apresentam maior quantidade de minerais máficos visualmente, com valor médio de 107,3 e 119,5 respectivamente, enquanto que as demais amostras mostram 131,9 (G04), 143,3 (G05) e 135,7 (G06), sendo todas no estado natural.

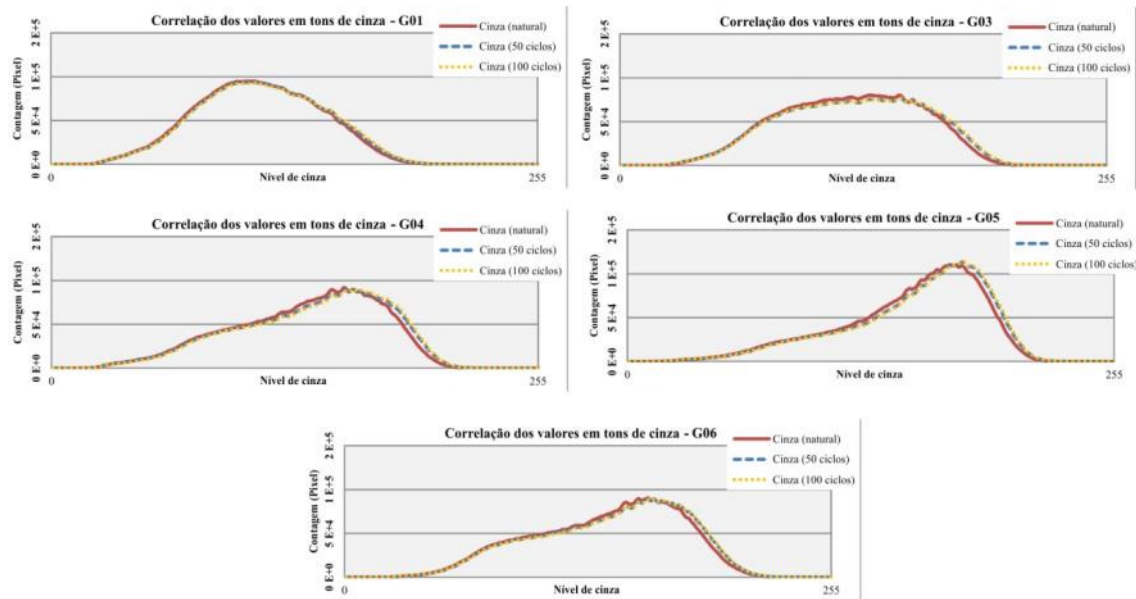
Após os ciclos de envelhecimento acelerado, as amostras exibiram ligeiro aumento dos níveis de cinza, principalmente nas amostras mais claras (G04, G05 e G06), devido a presença em maior quantidade de minerais como plagioclásio, k-feldspato e quartzo. Nesses minerais é perceptível uma pequena variação na cor para o branco, provavelmente pela alteração interna desses minerais provocada pela ação intempérica agressiva provocada na câmara de simulação climática.

Tabela 5.3 – Valores obtidos de nível de cinza das amostras do Golden Ártico, no estado natural e após 50 e 100 ciclos de envelhecimento acelerado.

G01						
	Area	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo	Mediana
Natural	152.34	107.30	31.75	8	255	107
50 ciclos	152.54	108.76	32.17	5	255	108
100 ciclos	152.81	109.34	32.60	7	255	109
G03						
	Area	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo	Mediana
Natural	154.07	119.51	35.35	13	255	121
50 ciclos	153.38	121.27	36.77	9	255	123
100 ciclos	154.03	121.96	36.88	5	255	123
G04						
	Area	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo	Mediana
Natural	152.71	131.89	37.60	5	255	137
50 ciclos	153.52	134.27	38.66	6	255	140
100 ciclos	153.15	135.47	38.58	7	255	142
G05						
	Area	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo	Mediana
Natural	152.73	146.35	36.48	4	255	154
50 ciclos	152.87	149.25	36.94	6	255	158
100 ciclos	153.15	149.78	37.34	6	255	158
G06						
	Area	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo	Mediana
Natural	152.99	135.71	37.65	11	255	141
50 ciclos	153.52	137.92	38.30	11	255	144
100 ciclos	153.50	138.17	38.65	9	255	144

Os gráficos do Golden ártico mostraram que a rocha não apresentou variações significativas na cor, tanto em amostras com maior quantidade de minerais máficos quanto félsicos. Nas amostras G01 e G03, os gráficos não apresentaram variações significativas na primeira etapa de ciclos de envelhecimento acelerado, com ligeira tendência para o aumento do número de pixels com níveis de cinza para o mais claro. Nas amostras G04, G05 e G06, a variação foi maior, com aumento do número de pixels com níveis de cinza para o mais claro.

Gráfico 5.3 – Gráficos dos níveis de cinza encontrados nas amostras do Golden Ártico, no estado natural e após 50 e 100 ciclos.



No Golden Ártico, as amostras apresentaram resistência às condições impostas nos ciclos de envelhecimento acelerado, com ligeiro aumento do clareamento, devido ao crescimento do número de pixels com níveis de cinza mais altos. Esses aumentos foram principalmente nos minerais plagioclásio e k-feldspato, que exibiram um branqueamento dos cristais após os ciclos de alteração, sendo maiores na segunda etapa.

5.4 Avaliação das cores utilizando o Color Inspector 3D

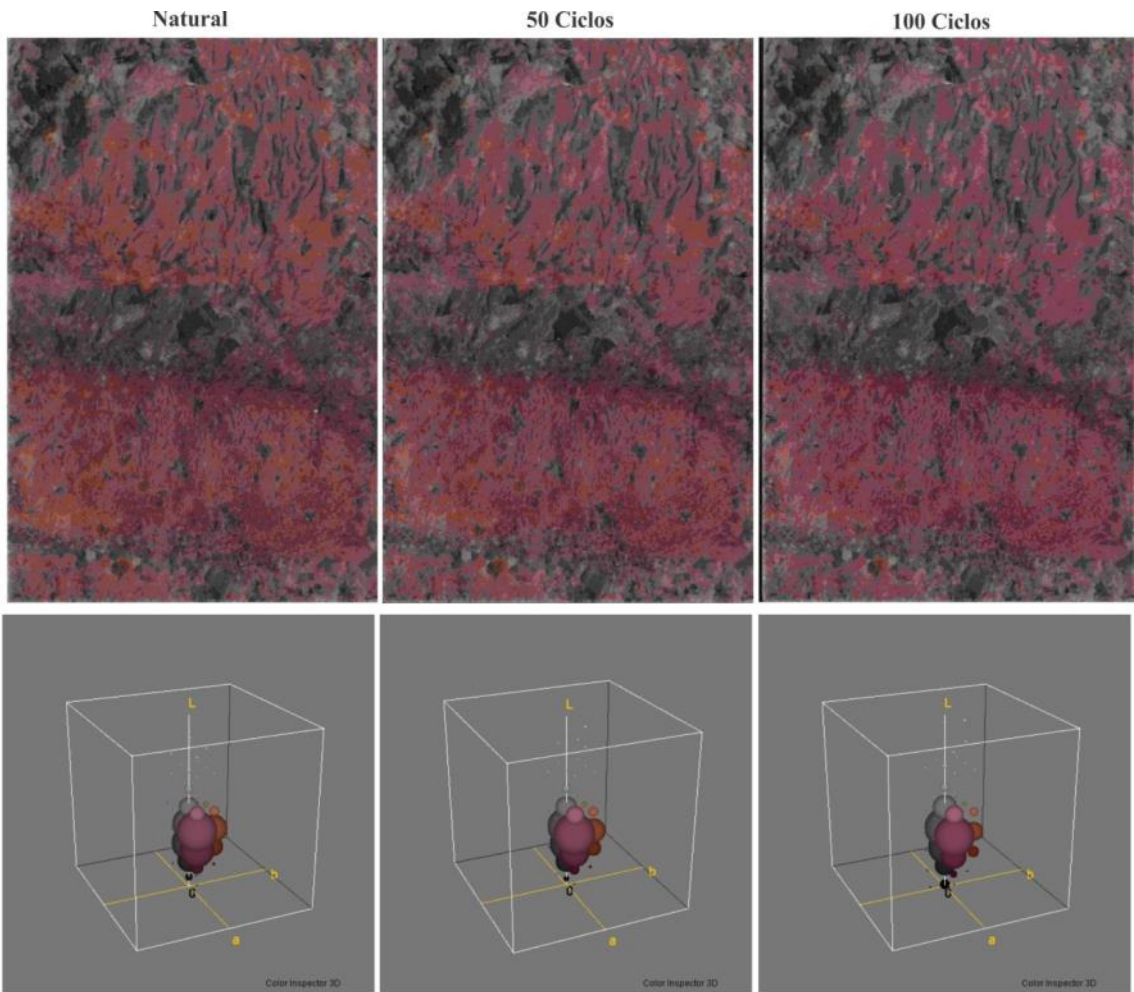
A análise das placas com o Color Inspector 3D realiza uma análise de todos os pixels da imagem, indicando o valor de cada pixel. Os resultados obtidos foram avaliados no espaço CIE Lab, no estado natural e após 50 e 100 ciclos de envelhecimento acelerado. Nas imagens das placas foram analisados aproximadamente 8,2 milhões de pixels, exibindo todas as cores da rocha. Posteriormente, as imagens foram retrabalhadas no software para que fosse analisada um padrão com 50 agrupamento de cores e depois estas foram representadas em forma de tabela com as principais frequências de pixels referentes a determinado agrupamento. Essas cores foram representadas no padrão RGB devido a particularidades no algoritmo do programa não representar em forma de tabela o sistema CIE Lab.

5.4.1 Juparana Bordeaux

Pode ser observado aumento das cores com tonalidade clara em todos os pixels analisadas nas placas, com aumento da porcentagem nessas cores. As variações observadas na placas não apresentaram grandes mudanças, ficando difícil uma percepção à vista desarmada, geralmente ocorrendo na borda de minerais ou em locais que apresentam maior microfissuramento. Em comparação com as placas do Juparana Bordeaux, as regiões com tonalidades entre o vermelho-laranja-roxo apresentam as características referentes a minerais como microclina, plagioclásio e plagioclásio+quartzo e para as tonalidades cinzentas de claro e escuro são referentes aos minerais de quartzo, biotita e opacos (hematita).

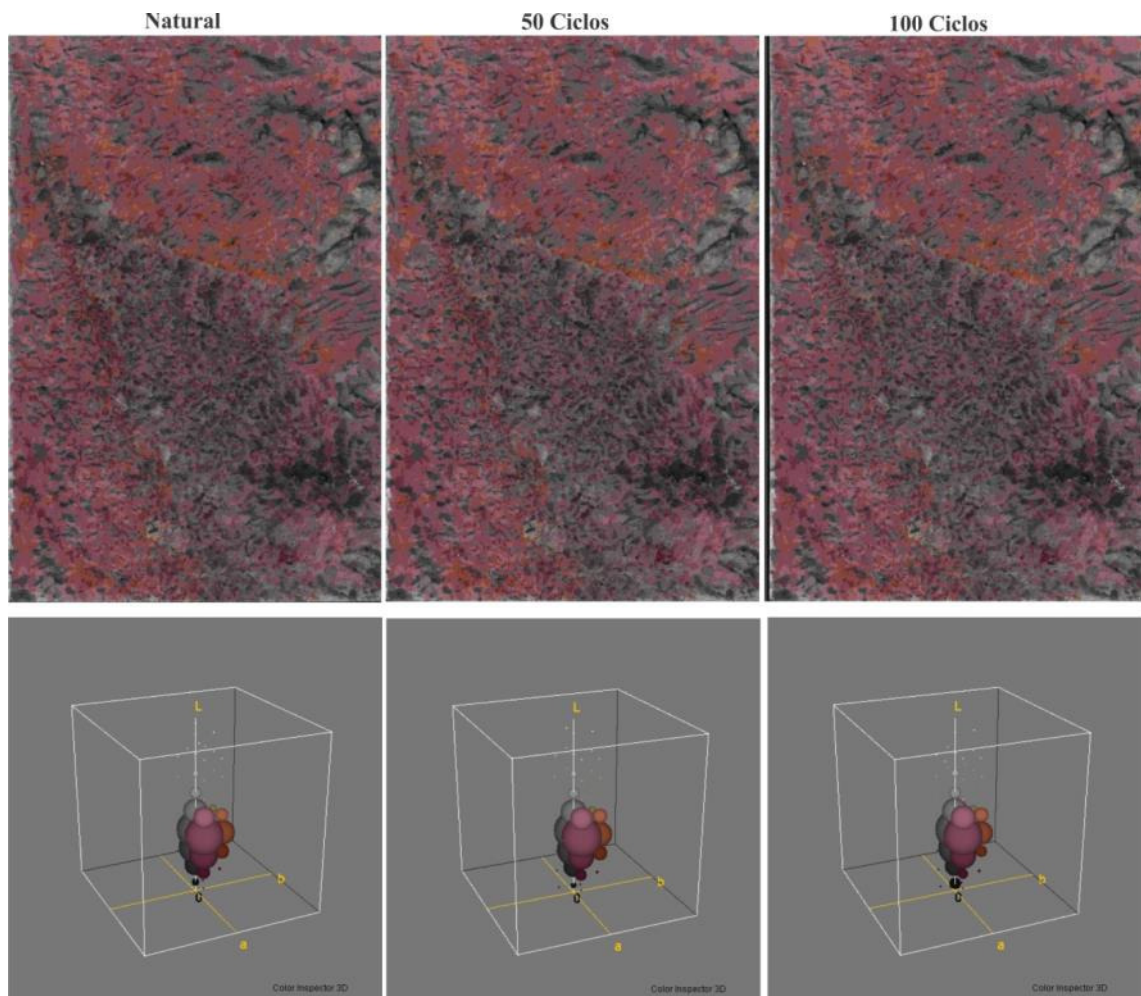
As principais mudanças nas cores analisadas foram o aumento na porcentagem das cores com tons mais claros, principalmente o cinza claro, roxo e rosa claro e redução na porcentagem das cores com tons mais escuros, como vermelho, laranja e preto. Esses resultados podem mostrar que as alterações sofridas pela rocha exibiu um leve clareamento nas cores das amostras do Juparana Bordeaux. Os resultados mostram as mudanças das cores em porcentagem, na forma de tabelas, que as placas apresentam no estado natural e após os ciclos de envelhecimento acelerado.

Figura 5.1 – Imagem exibindo a variação das cores na amostra B01 do Juparana Bordeaux, no estado natural e após 50 e 100 ciclos.



Natural					50 ciclos					100 ciclos				
Frequência (Pixel)	%	Red	Green	Blue	Frequência (Pixel)	%	Red	Green	Blue	Frequência (Pixel)	%	Red	Green	Blue
2169105	26,37	129	73	91	2361421	28,66	129	73	91	2364501	28,37	129	73	91
1452468	17,66	65	65	65	1717320	20,84	90	90	90	2348673	28,18	90	90	90
1349830	16,41	101	47	66	1455313	17,66	65	65	65	1499781	17,99	65	65	65
1175590	14,29	90	90	90	922075	11,19	101	47	66	653721	7,84	101	47	66
772344	9,39	136	72	49	526516	6,39	136	72	49	502331	6,03	115	115	115
440725	5,36	41	41	41	395168	4,80	115	115	115	274660	3,30	41	41	41
269056	3,27	115	115	115	348488	4,23	41	41	41	266130	3,19	136	72	49
257720	3,13	106	46	26	214296	2,60	156	98	116	217917	2,61	156	98	116
135060	1,64	156	98	116	150153	1,82	106	46	26	66728	0,80	106	46	26

Figura 5.2 – Imagem exibindo a variação das cores na amostra B03 do Juparana Bordeaux, no estado natural e após 50 e 100 ciclos.



Natural					50 ciclos					100 ciclos				
Frequência (Pixel)	%	Red	Green	Blue	Frequência (Pixel)	%	Red	Green	Blue	Frequência (Pixel)	%	Red	Green	Blue
2094079	25,37	129	71	90	2131695	25,84	129	71	90	2145558	25,62	129	71	90
1866167	22,61	89	89	89	2015488	24,43	89	89	89	2086905	24,92	89	89	89
1330061	16,11	64	64	64	1224278	14,84	64	64	64	1281879	15,31	64	64	64
804421	9,75	101	45	65	649615	7,87	101	45	65	601922	7,19	115	115	115
522977	6,34	136	70	46	571561	6,93	115	115	115	592049	7,07	101	45	65
508920	6,17	115	115	115	511511	6,20	136	70	46	501437	5,99	158	97	117
354808	4,30	41	41	41	457041	5,54	158	97	117	441138	5,27	136	70	46
349403	4,23	158	97	117	284189	3,44	41	41	41	297616	3,55	41	41	41
127280	1,54	107	44	23	116375	1,41	166	96	71	117128	1,40	166	96	71
80581	0,98	166	96	71	100188	1,21	107	44	23	70941	0,85	107	44	23

Figura 5.3 – Imagem exibindo a variação das cores na amostra B04 do Juparana Bordeaux, no estado natural e após 50 e 100 ciclos.

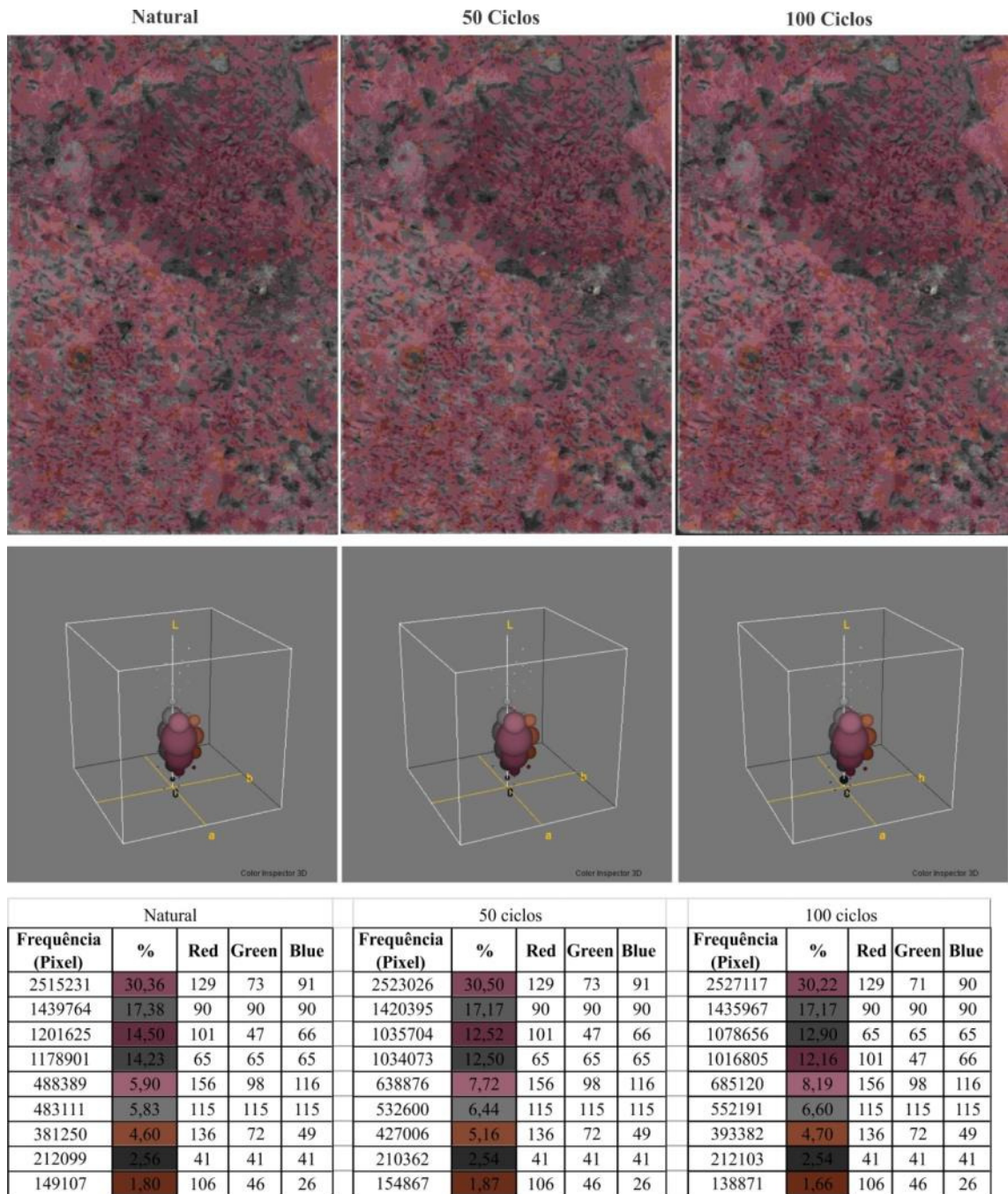


Figura 5.4 – Imagem exibindo a variação das cores na amostra B05 do Juparana Bordeaux, no estado natural e após 50 e 100 ciclos.

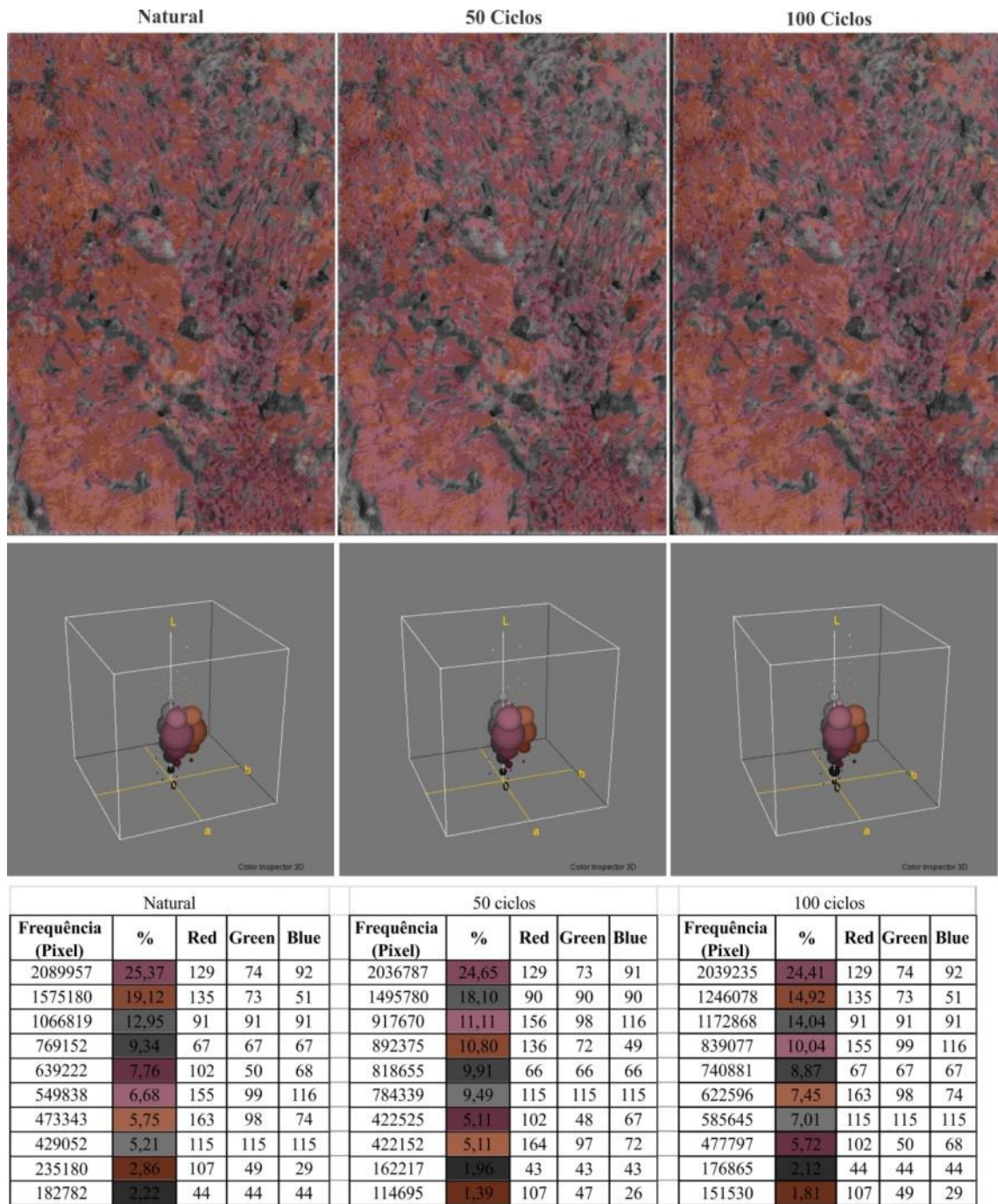
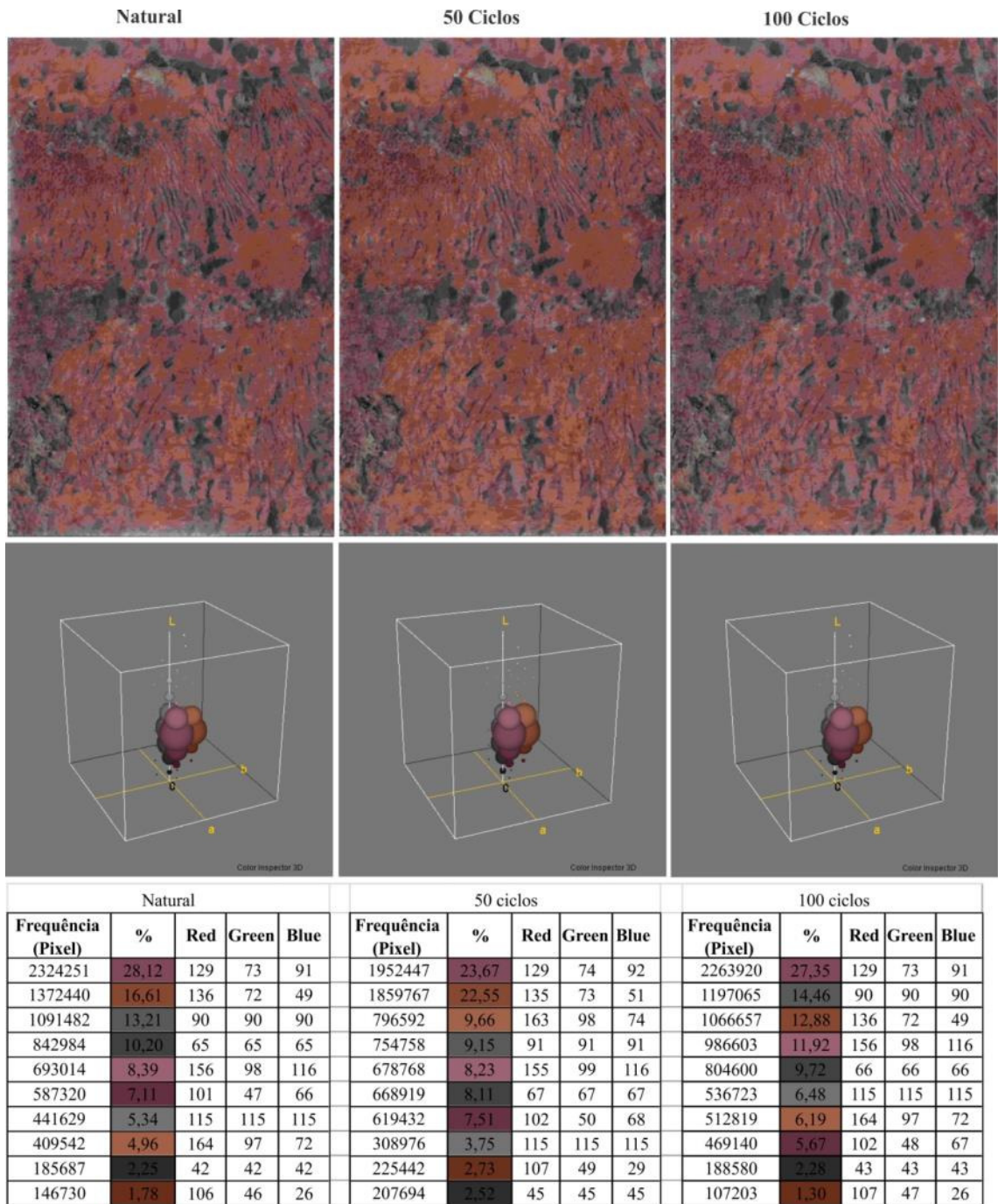


Figura 5.5 – Imagem exibindo a variação das cores na amostra B06 do Juparana Bordeaux, no estado natural e após 50 e 100 ciclos.



5.4.2 Branco Nevesca

As amostras do Branco Nevesca mostraram valores de tons de cinza como as principais cores a serem analisadas, visto que a rocha apresenta coloração branca a cinza claro em quase sua totalidade. Nessa rocha foi possível observar que os minerais apresentaram um ligeiro aumento na porcentagem do número de pixels com níveis da cor cinza mais claros, baseados no padrão de cor RGB.

Os resultados mostraram que as mudanças são pouco perceptíveis e essas foram mais localizadas nos minerais de cor branca, como plagioclásio, microlina e/ou microlina+plagioclásio. Outros minerais como muscovita e quartzo mantiveram suas colorações, não sendo afetados pelas etapas de ciclos de alteração. As mudanças nos tons de cinza para níveis mais claros ocorreram principalmente na primeira etapa de ciclos de envelhecimento acelerado (natural a 50 ciclos) e menos perceptível na segunda etapa (50 a 100 ciclos).

Nas placas do Branco Nevesca, as BN02 e BN06 apresentaram aumento mais significativo da cor cinza claro, onde a amostra BN02 exibiu na primeira etapa de ciclos de envelhecimento acelerado um aumento de 8,46% para 32,27% da cor 196R/196G/196B, e na placa BN06, que na primeira etapa apresentou um aumento de 19,23% para 36,91% da cor 184R/184G/184B. As demais amostras apresentaram aumentos dos tons de cinza claro variando entre 8% a 12% aproximadamente.

Apesar dos aumentos dos tons de cinza claros, as alterações não foram muito perceptíveis porque a redução dos níveis de tons de cinza escuros, não foram muito altos e pela maior quantidade de diferentes níveis de cinza mais escuro.

Figura 5.6 – Imagem exibindo a variação das cores na amostra BN02 do Branco Nevasca, no estado natural e após 50 e 100 ciclos.

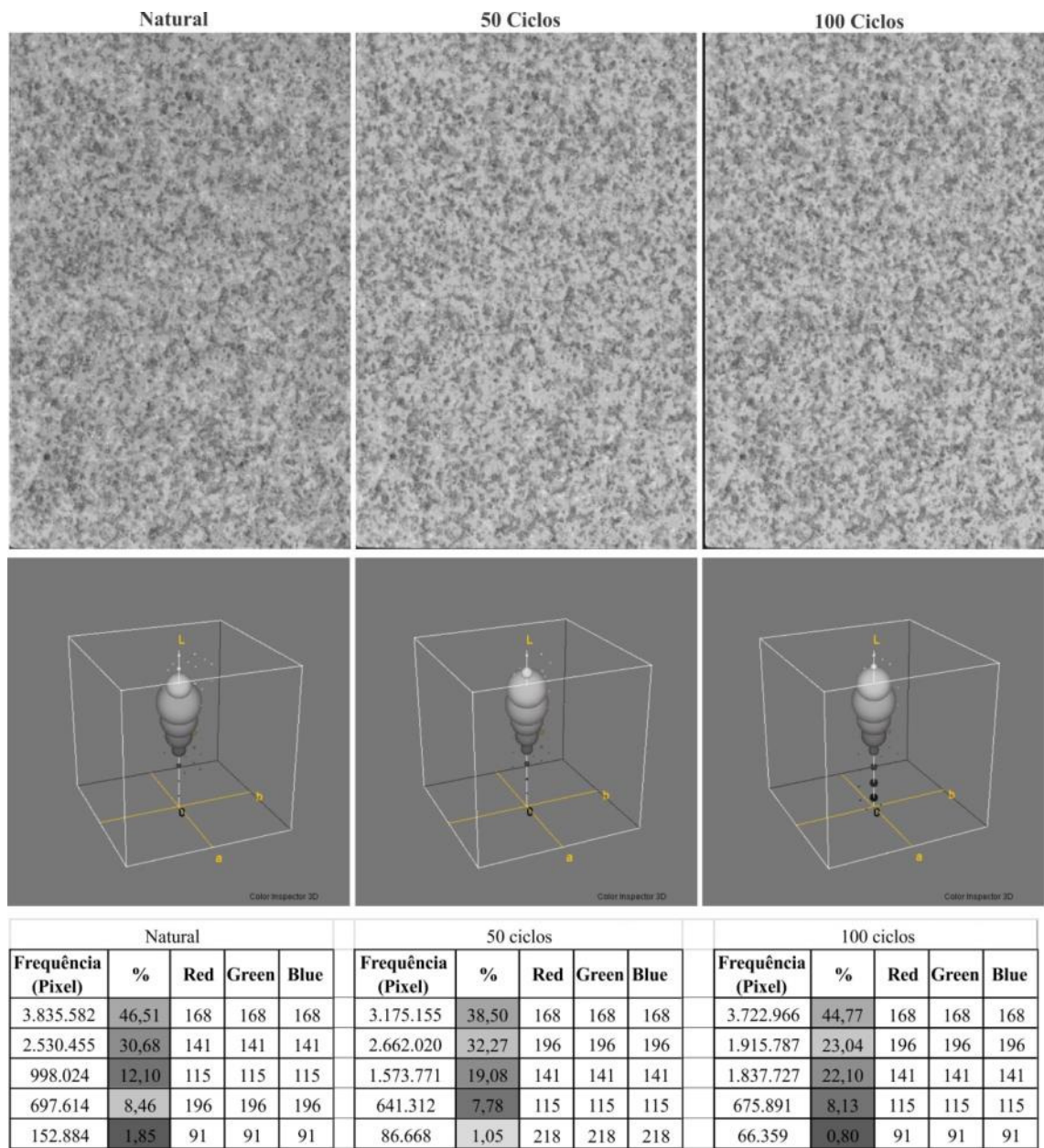


Figura 5.7 – Imagem exibindo a variação das cores na amostra BN03 do Branco Nevasca, no estado natural e após 50 e 100 ciclos.

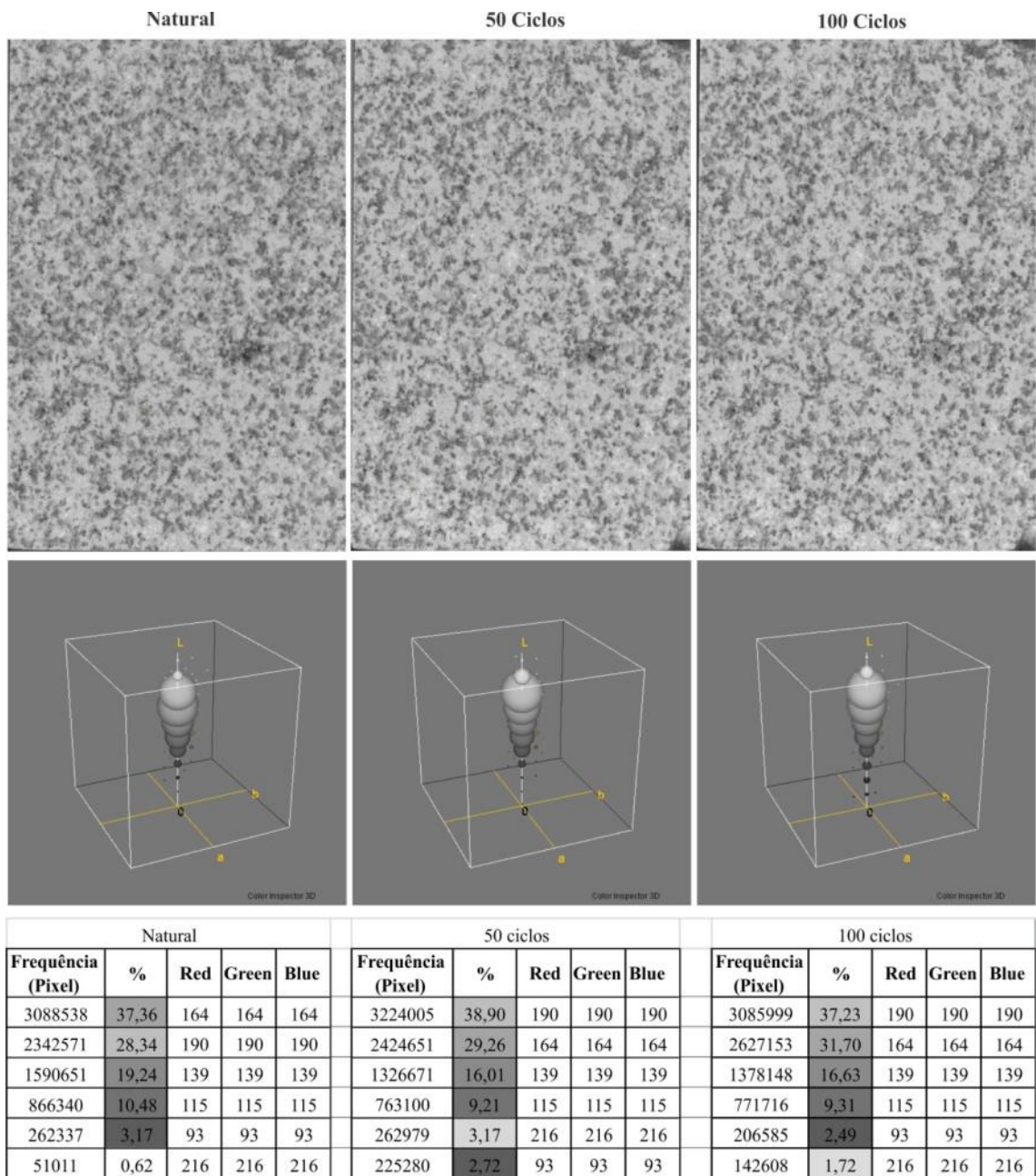


Figura 5.8 – Imagem exibindo a variação das cores na amostra BN04 do Branco Nevasca, no estado natural e após 50 e 100 ciclos.

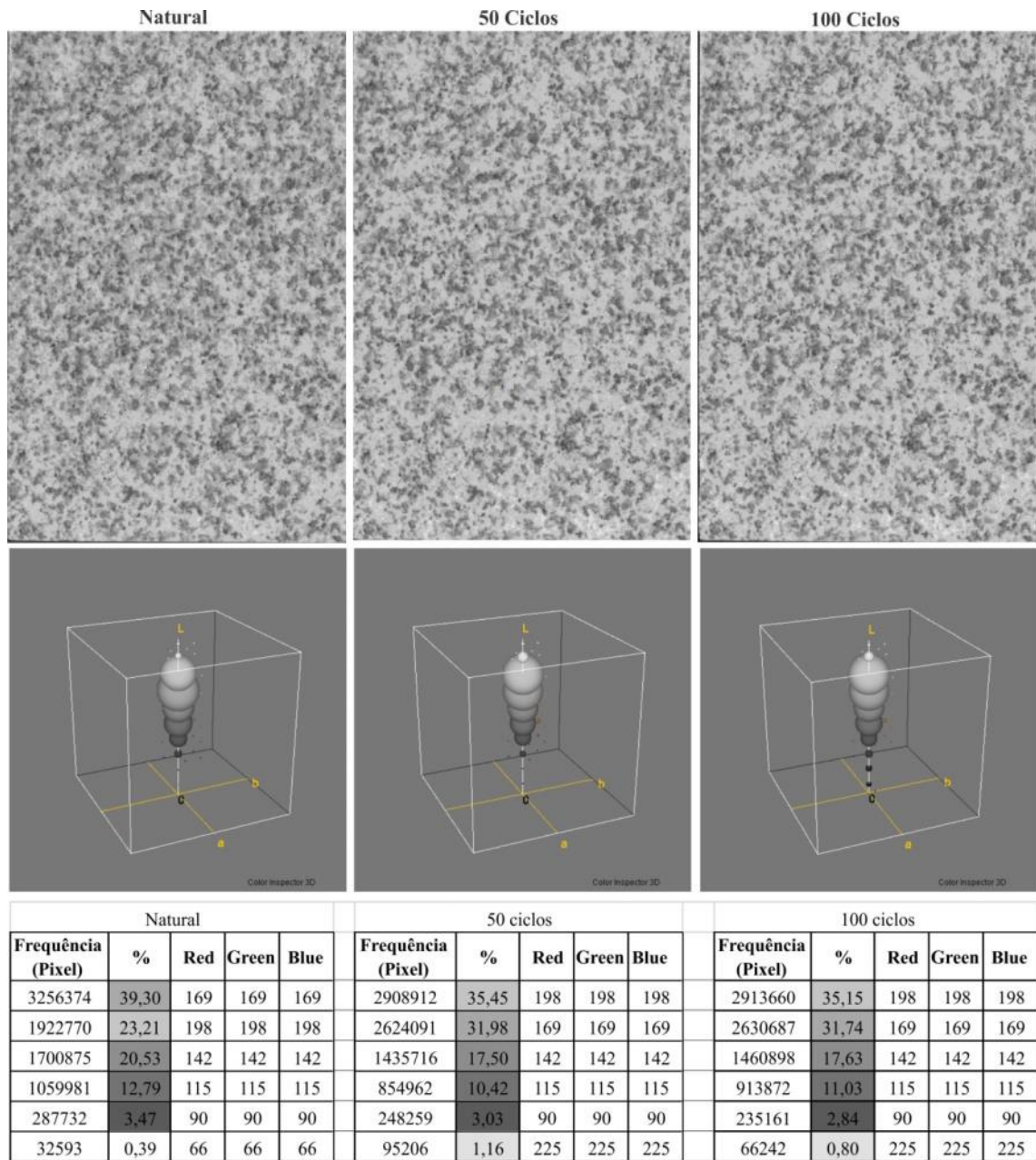


Figura 5.9 – Imagem exibindo a variação das cores na amostra BN05 do Branco Nevasca, no estado natural e após 50 e 100 ciclos.

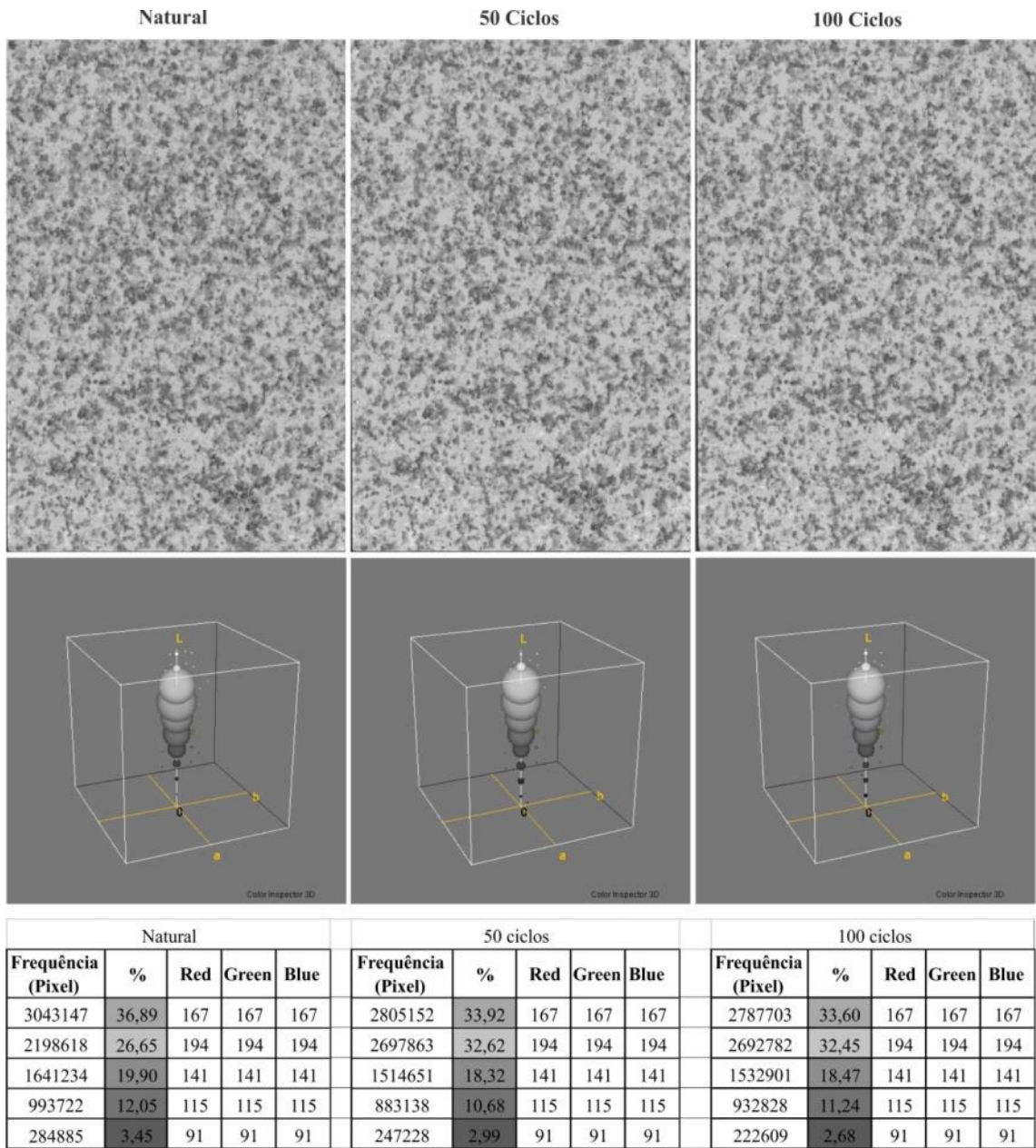
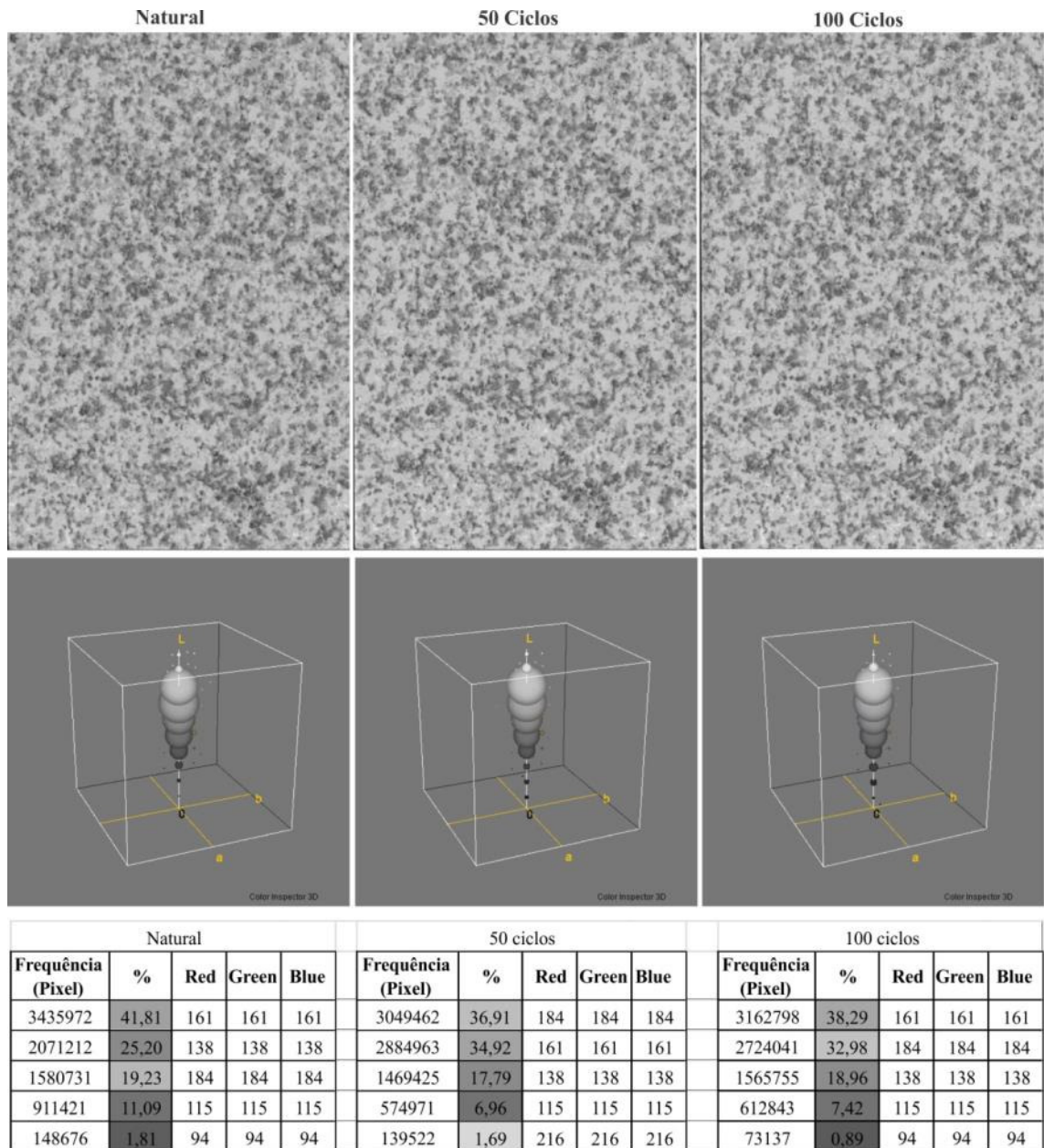


Figura 5.10 – Imagem exibindo a variação das cores na amostra BN06 do Branco Nevasca, no estado natural e após 50 e 100 ciclos.



5.4.3 Golden Ártico

As amostras do Golden ártico apresentaram variações pouco significativas das cores durante as etapas de ciclos de envelhecimento acelerado, mostrando semelhanças nos tipos de mudança de cor nas amostras utilizadas nos ensaios. As semelhanças observadas são que as principais cores que apresentaram variações foram as claras, tanto em tons vermelhos quanto as cinzas, que exibiram aumento durante os ciclos de envelhecimento acelerado.

A rocha apresenta diferentes tons de cinzas, tanto claros como escuros, para a maioria dos cristais de k-feldspato, plagioclásio, muscovita e quartzo, e as cores vermelhas a marrom mostram os cristais com preenchimento de produtos de alteração dos minerais micáceos, como muscovita e biotita.

As maiores variações se deram nos tons de cinza, principalmente nos claros como as cores 203R/203G/203B na amostra G04 que apresentava 0,67% no estado natural, 2,23% com 50 ciclos e de 2,07% com 100 ciclos. Os outros tons de cinza mais claros apresentaram semelhança mas não apresentaram variações acima de 5% , sendo praticamente constantes durante as etapas de ciclos de envelhecimento acelerado. As figuras 5.11 a 5.15 mostram os resultados das etapas de 50 e 100 ciclos de envelhecimento acelerado em comparação à amostra no estado natural, tanto na forma de agrupamentos das principais cores analisadas e em forma de tabela com a porcentagem da frequência dos pixels.

Figura 5.11 – Imagem exibindo a variação das cores na amostra G01 do Branco Nevasca, no estado natural e após 50 e 100 ciclos.

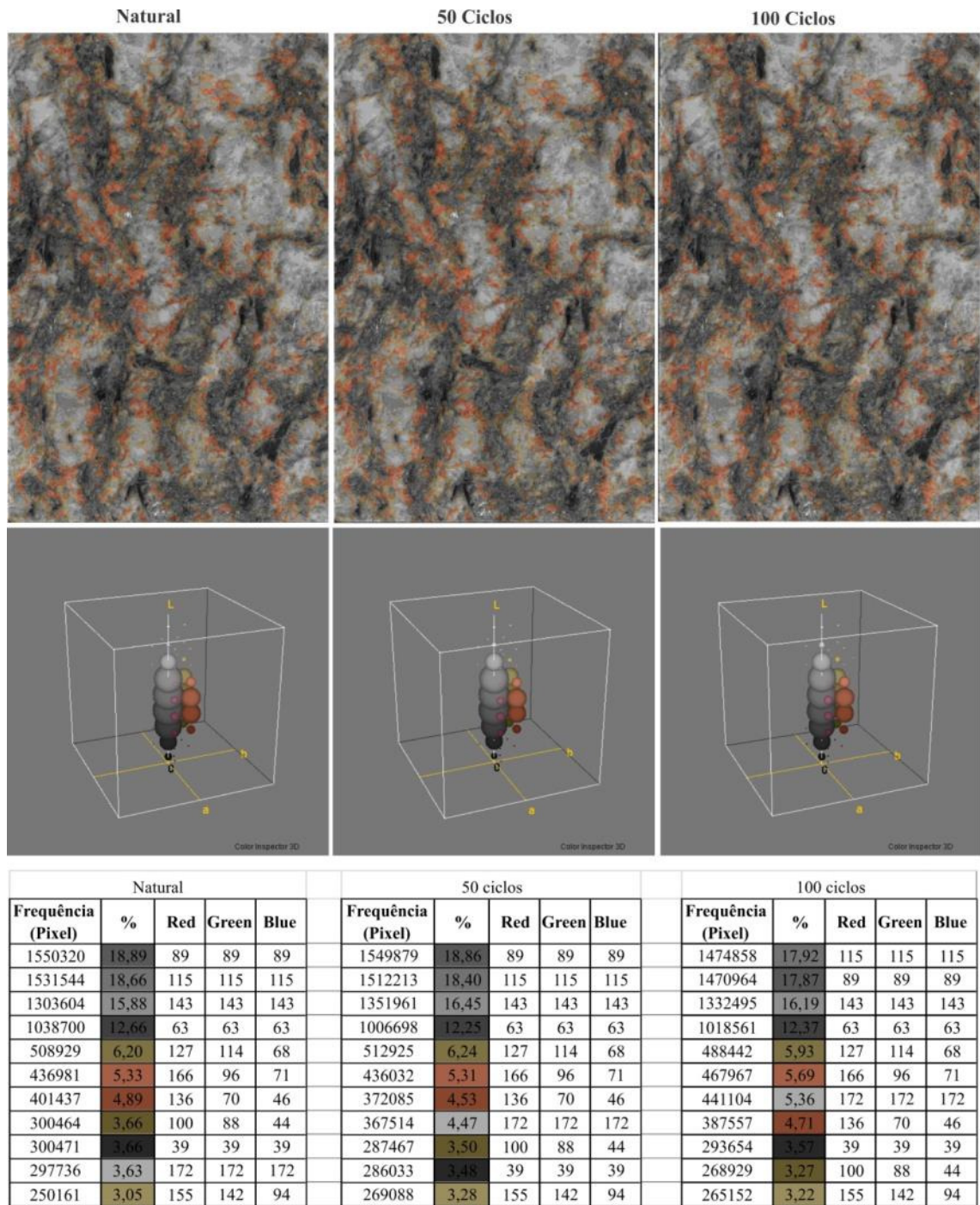
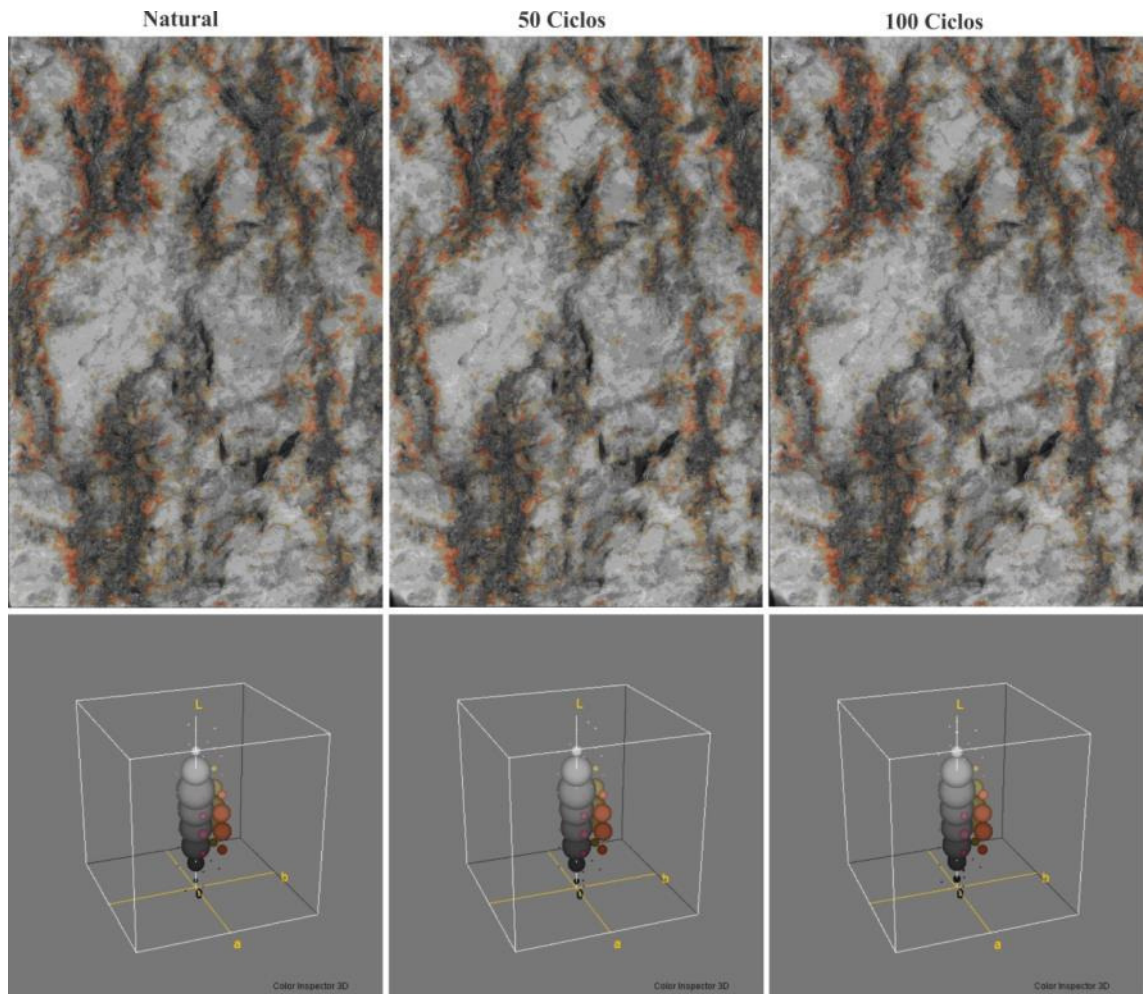


Figura 5.12 – Imagem exibindo a variação das cores na amostra G03 do Branco Nevasca, no estado natural e após 50 e 100 ciclos.



Natural					50 ciclos					100 ciclos				
Frequência (Pixel)	%	Red	Green	Blue	Frequência (Pixel)	%	Red	Green	Blue	Frequência (Pixel)	%	Red	Green	Blue
1997589	24,07	143	143	143	1919143	23,23	143	143	143	1859946	22,42	143	143	143
1592816	19,19	115	115	115	1461356	17,69	115	115	115	1466331	17,67	115	115	115
1233463	14,86	89	89	89	1169730	14,16	172	172	172	1258400	15,17	172	172	172
979051	11,80	172	172	172	1165763	14,11	89	89	89	1144564	13,79	89	89	89
804098	9,69	63	63	63	784011	9,49	63	63	63	780093	9,40	63	63	63
354152	4,27	127	114	68	362508	4,39	127	114	68	333862	4,02	127	114	68
260641	3,14	136	70	46	255370	3,09	136	70	46	257026	3,10	136	70	46
234235	2,82	166	96	71	235707	2,85	166	96	71	249689	3,01	166	96	71
207792	2,50	100	88	44	227739	2,76	155	142	94	216397	2,61	39	39	39
203340	2,45	155	142	94	211599	2,56	100	88	44	213518	2,57	155	142	94
200314	2,41	39	39	39	206428	2,50	39	39	39	187191	2,26	100	88	44
45162	0,54	106	44	22	58517	0,71	202	202	202	93819	1,13	202	202	202

Figura 5.13 – Imagem exibindo a variação das cores na amostra G04 do Branco Nevasca, no estado natural e após 50 e 100 ciclos.

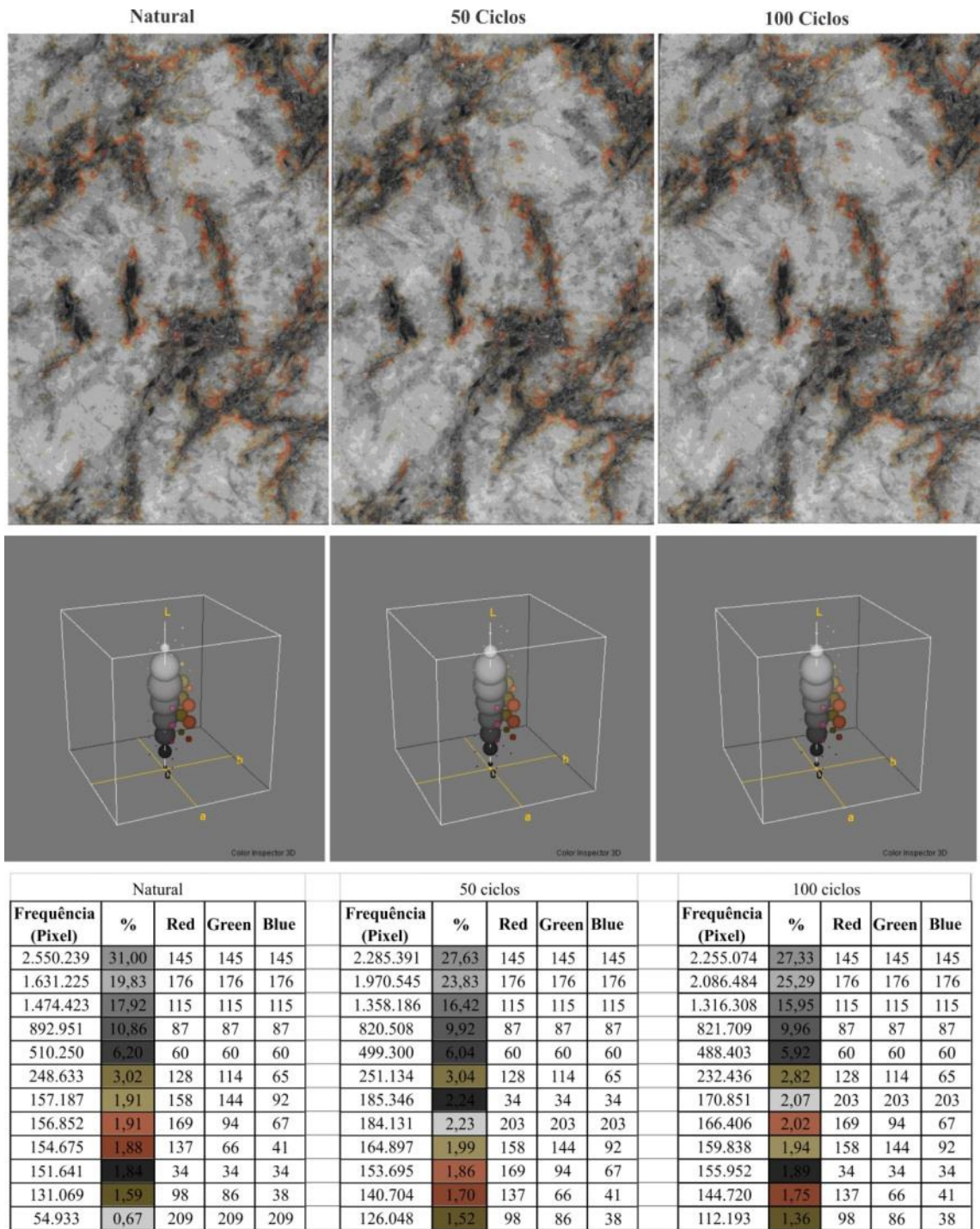


Figura 5.14 – Imagem exibindo a variação das cores na amostra G05 do Branco Nevasca, no estado natural e após 50 e 100 ciclos.

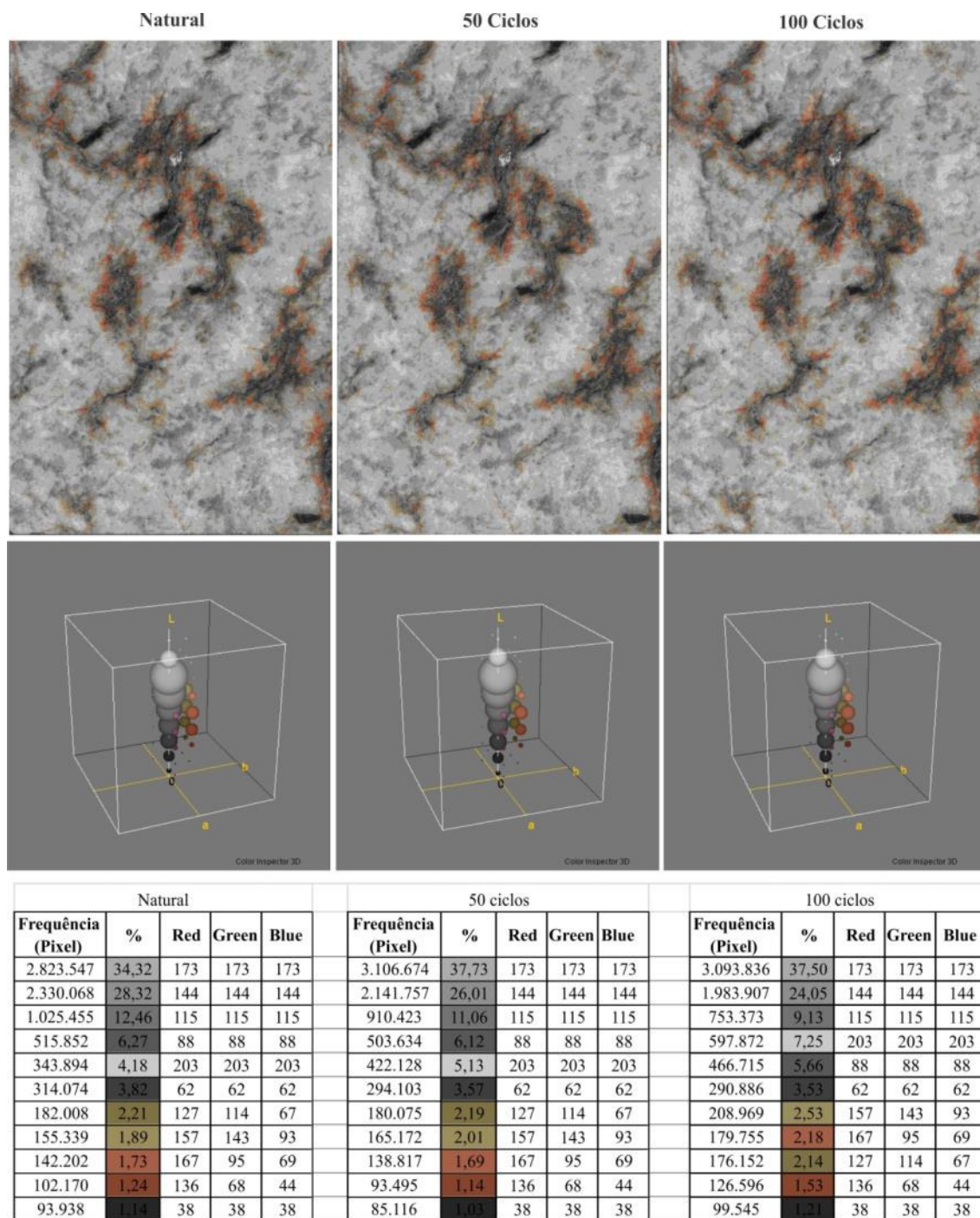
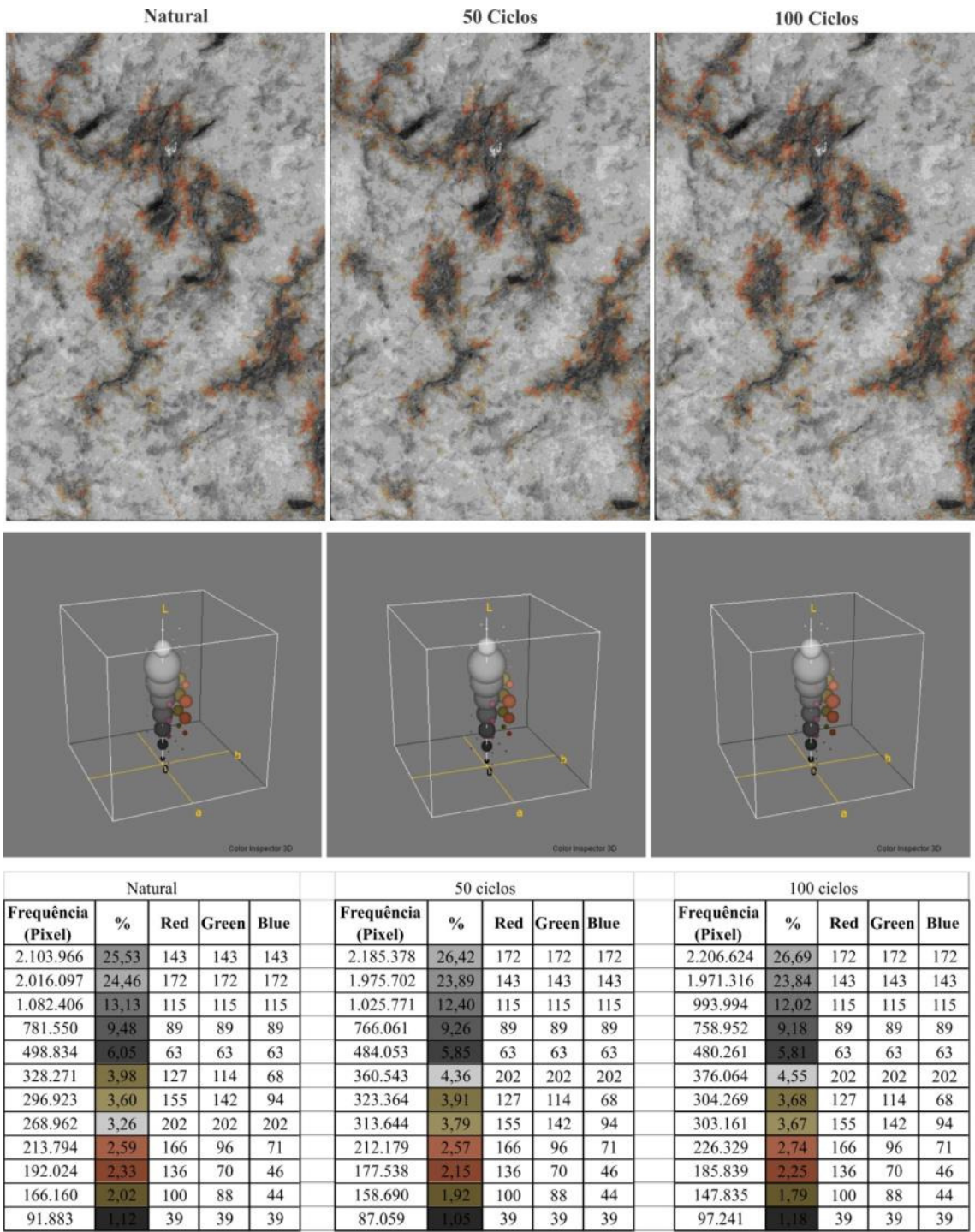


Figura 5.15 – Imagem exibindo a variação das cores na amostra G06 do Branco Nevasca, no estado natural e após 50 e 100 ciclos.



6 POROSIDADE E PERMEABILIDADE

6.1 Porosidade por Intrusão de Mercúrio

A análise dos dados obtidos de porosimetria por intrusão de mercúrio das amostras avaliadas apresentaram resultados da porosidade da rocha (em percentual) e diâmetro dos poros por área dos poros. Estes resultados foram comparados com os da norma ABNT 15844 (2015) e classificação de tamanho de poros sugerida em Mata (1998), que é originalmente proposta por Dubinin (1960), sendo adotada oficialmente em 1972 pela *International Union of Pure and Applied Chemistry* (IUPAC) (tabela 6.1). Essa classificação é dividida geralmente em três grupos e está representada abaixo:

Tabela 6.1 – Tabela de classificação dos poros segundo a IUPAC (Gregg e Sing, 1982, adaptado)

Classificação	Tamanho (Å)	Tamanho (µm)
Microporos	Inferior a 20 Å	Inferior a 0,002 µm
Mesoporos	20 Å a 500 Å	0,002 µm a 0,5 µm
Macroporos	Maior que 500 Å	Maior que 0,5 µm

Estes resultados também foram comparados aos resultados da caracterização petrográfica no intuito de melhor avaliar as alterações sofridas nas amostras de rocha durante os ciclos de envelhecimento acelerado na câmara de simulação climática. Destes, uma relação entre microfissuras e grau de alteração dos minerais com a porosidade obtida no ensaio por intrusão de mercúrio é importante para essa caracterização por ser um fator que pode determinar um aumento ou diminuição da percolação de gases, no caso o radônio, pelas rochas estudadas.

Neste ensaio, por se tratar de análise destrutiva, ou seja, a amostra não será reutilizada para outro ensaio, elas foram divididas em três grupos: análise no estado natural, as que foram analisadas após 50 ciclos e as que foram analisadas após 100 ciclos de envelhecimento acelerado. Com isso, podemos analisar da seguinte forma:

- Juparana Bordeaux montar a tabla com legenda

Natural	Após 50 ciclos	Após 100 ciclos
B1-1; B1-2; B1-3; B1-4; B1-5 e B1-6	B2-1; B2-2; B2-3; B2-4; B2-5 e B2-6	B3-1; B3-2, B3-3; B3-4; B3-5 e B3-6

- Branco Nevasca

Natural	Após 50 ciclos	Após 100 ciclos
BN1-1; BN1-2; BN1-3; BN1-4; BN1-5 e BN1-6	BN2-1; BN2-2; BN2-3; BN2-4; BN2-5 e BN2-6	BN3-1; BN3-2, BN3-3; BN3-4; BN3-5 e BN3-6

- Golden Ártico

Natural	Após 50 ciclos	Após 100 ciclos
G1-1; G1-2; B1-3; G1-4; G1-5 e G1-6	G2-1; G2-2; G2-3; G2-4; G2-5 e G2-6	G3-1; G3-2, G3-3; G3-4; G3-5 e G3-6

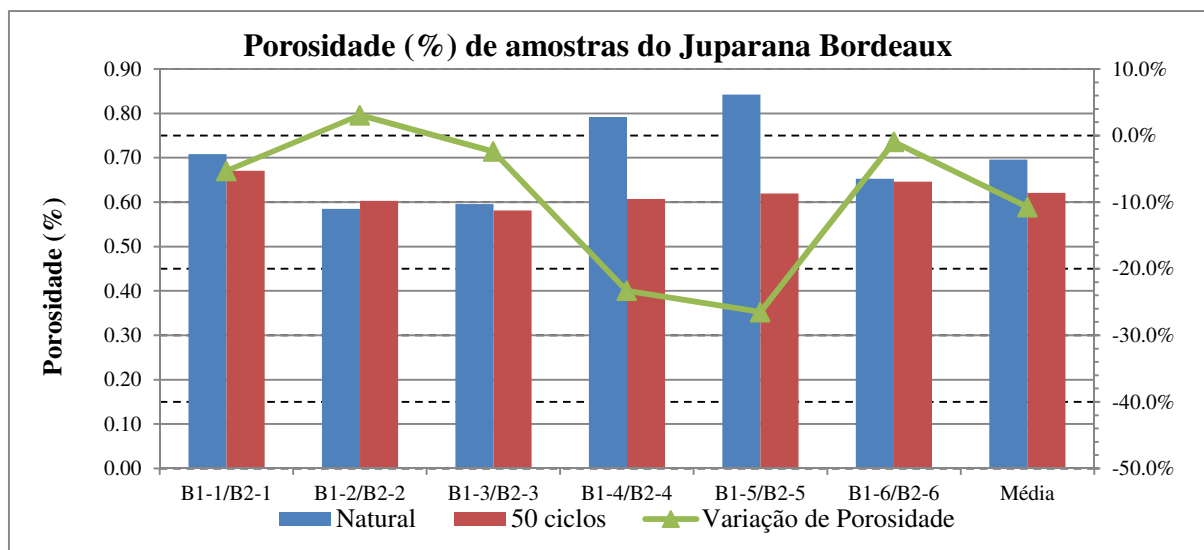
Devido a problemas técnicos no equipamento de porosimetria por intrusão de mercúrio, não foi possível realizar as análises nas amostras referentes a 100 ciclos de alteração acelerada, sendo realizadas somente as amostras no estado natural e as que sofreram 50 ciclos de alteração na câmara de simulação climática.

As amostras selecionadas para os ensaios foram escolhidas de forma a melhor representar as características das rochas analisadas, pois elas apresentam granulometria variada e umas com textura heterogênea (Juparana Bordeaux e Golden Ártico) e outra homogênea (Branco Nevasca).

6.1.1 Juparana Bordeaux

Os resultados das amostras foram dispostos em forma de gráficos para uma melhor interpretação visual dos dados coletados durante os ciclos de envelhecimento acelerado em câmara climática.

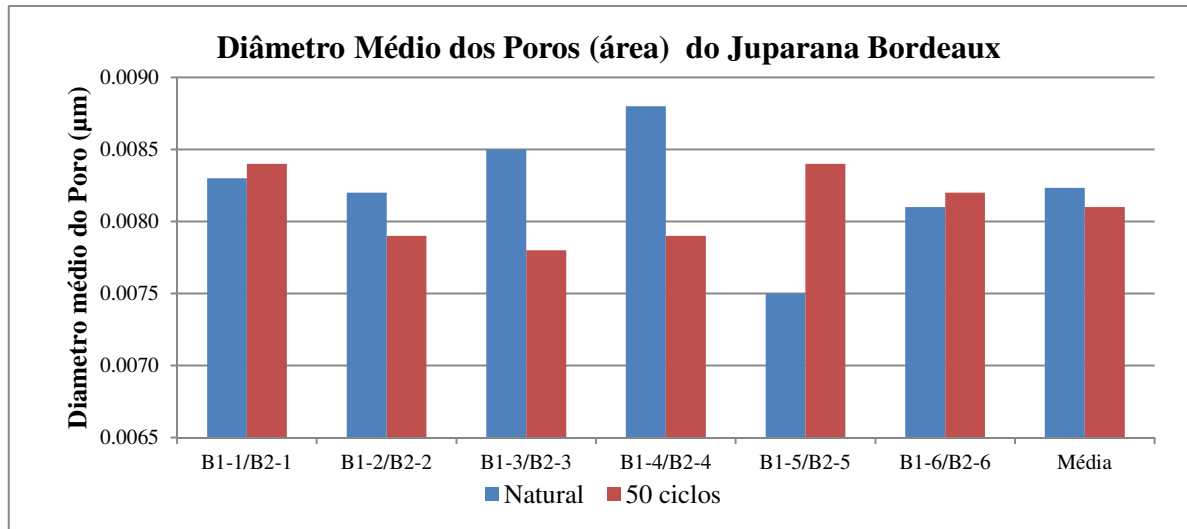
Gráfico 6.1 – Valores, em percentual, da porosidade das amostras do Juparana Bordeaux no estado natural e após 50 ciclos de alteração acelerada.



O gráfico 6.1 apresenta os resultados obtidos e indica que as amostras do Juparana Bordeaux exibem pequeno decréscimo na porosidade da rocha no decorrer dos ciclos de alteração, com valor médio de 0,69% no estado natural e de 0,62 % após 50 ciclos de envelhecimento acelerado. Essas amostras apresentaram uma redução média de 10,7% de sua porosidade após 50 ciclos de alteração. Mas a maioria das amostras exibiram pequena redução da porosidade, geralmente inferior a 5 %, e somente duas amostras apresentaram variação do estado natural para 50 ciclos superior a 20%.

Para essa rocha, a variação na porosidade pode ser esperada com maior redução devido a diferenças no tamanho dos poros entre as amostras que foram selecionadas. Quando os dados de porosidade foram comparados com os resultados do tamanho médio dos poros em área, pôde-se observar que as amostras que foram selecionadas no estado natural apresentavam poros com dimensões maiores do que as selecionadas após os 50 ciclos de alteração.

Gráfico 6.2 – Valores do diâmetro médio dos poros (Área) das amostras do Juparana Bordeaux no estado natural e após 50 ciclos de alteração acelerada.



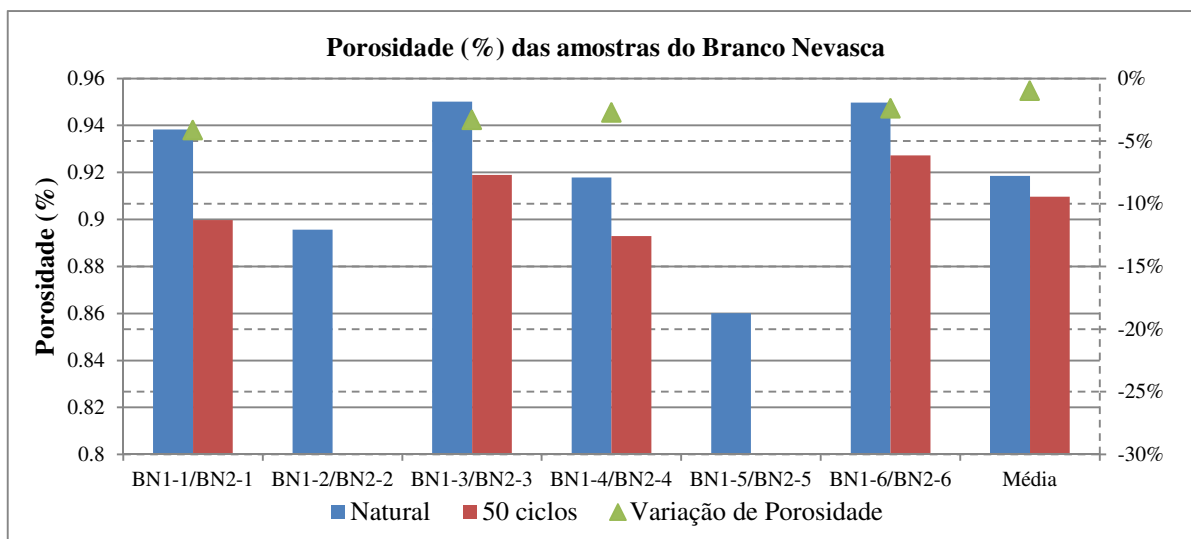
A média do tamanho dos poros apresentou valores de 0,0082 μm para amostras no estado natural e de 0,0081 μm após os 50 ciclos de alteração, indicando que a rocha pode ser classificada como mesoporos em ambas as etapas de análise (tabela 6.1). Esses valores mostram que a rocha não apresentou redução significativa do diâmetro médio dos poros.

Esse parâmetro não mostrou se a rocha sofreu alteração interna e externa após os ciclos de alteração acelerada, bem como a variação de porosidade de uma amostra pra outra, pois elas apresentam padrões diferentes mesmo com os pesos e tamanhos próximos, devido à sua heterogeneidade textural e mineral. Mas a técnica apresenta valores precisos de porosidade. Pode-se observar que as amostras exibem valores baixos de porosidade em ambas as etapas de ciclos de alteração acelerada mesmo com valores altos de microfissuramento (0,95 microfissuras/ mm^2 para o tipo intragrão e de 0,36 microfissuras / mm^2 para intergrãos).

6.1.2 Branco Nevasca

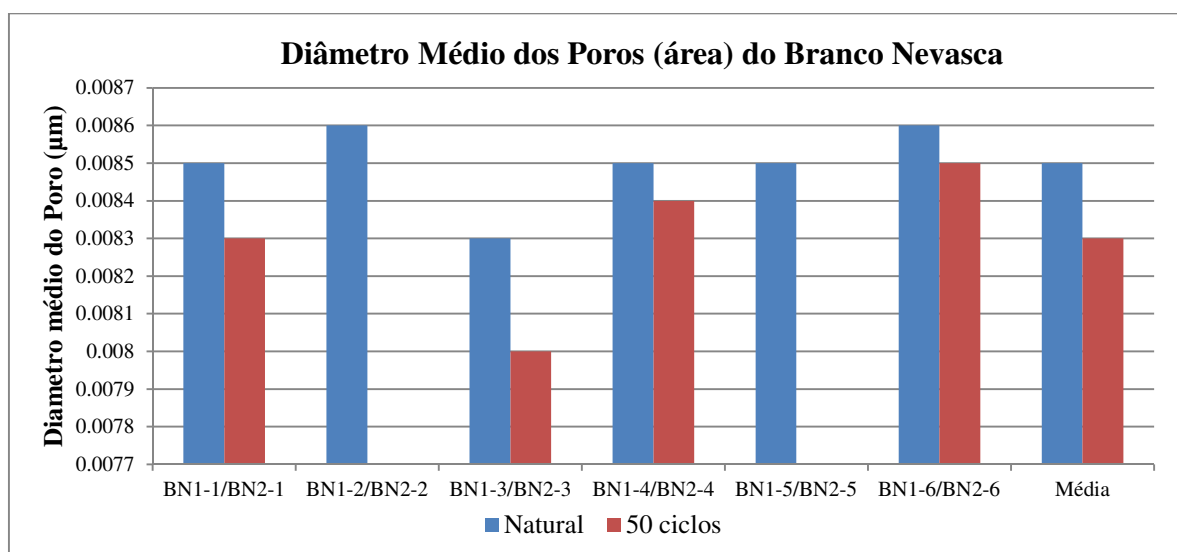
As amostras do Branco Nevasca apresentam maior homogeneidade no tamanho dos cristais e textura em relação às outras rochas estudadas, podendo ser facilitada a interpretação de seus resultados.

Gráfico 6.3 – Valores em percentual de porosidade das amostras do Branco Nevasca no estado natural e após 50 ciclos de alteração acelerada.



A porosidade do Branco Nevasca apresentou valores médios de 0,918% para amostras no estado natural e de 0,909% para amostras após os 50 ciclos de alteração. Esses valores mostram que a rocha apresenta uma porosidade relativamente alta, mas não acima do limite sugerido pela norma ABNT 15844 (2015), mas mostrou uma pequena redução na porosidade da rocha, com valor de 0,97% de redução no intervalo do estado natural a 50 ciclos de alteração. Essa redução se deve provavelmente a processos químicos que fizeram com que as cavidades da rocha fossem preenchidas por material derivado de processo de alteração, como a saussuritização de minerais feldspáticos.

Gráfico 6.4 – Valores do diâmetro médio dos poros (área) das amostras do Branco Nevasca no estado natural e após 50 ciclos de alteração acelerada.

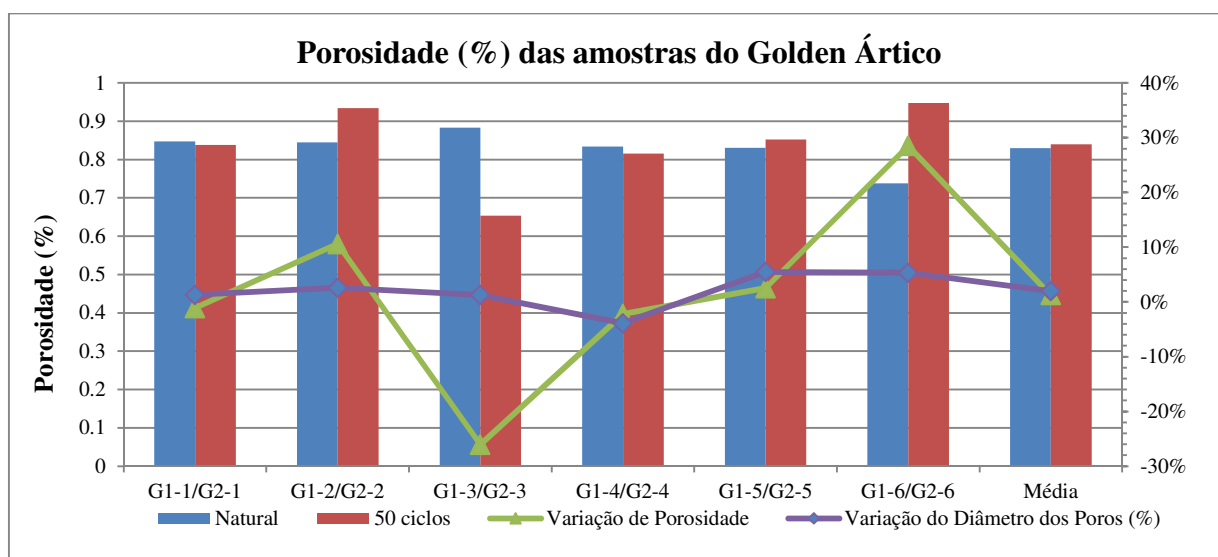


O Branco Nevasca apresentou uma média de diâmetro dos poros de 0,0085 μm em amostras no estado natural e de 0,0083 μm após os 50 ciclos de alteração, podendo ser classificada como mesoporos. Os resultados mostraram que houve uma redução no diâmetro médio dos poros podendo ser atribuída provavelmente a processos de alteração, como a saussuritização, que pode ocasionar ligeiramente o tamponamento nas fendas abertas de fraturas. Mesmo com a redução na porosidade, ela não mostrou ser tão significativa, pois a diminuição na porosidade do Branco Nevasca foi de 0,97% para uma redução no tamanho do diâmetro médio dos poros de 2,35% para o intervalo entre o estado natural e após os 50 ciclos de alteração.

6.1.3 Golden Ártico

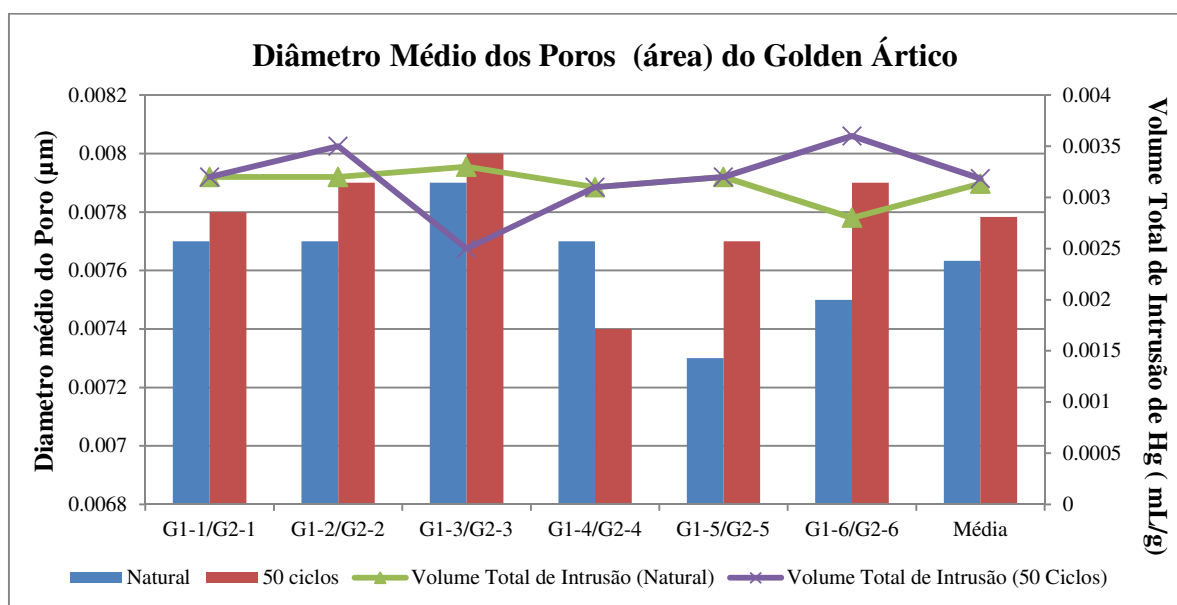
As amostras do Golden Ártico foram as que apresentaram maiores variações de porosidade entre elas, mas com valores médios de 0,829% para as do estado natural e de 0,840% após 50 ciclos de alteração, indicando um aumento de na porosidade media de 1,26%. A variação percentual das diferenças entre a porosidade das amostras no estado natural e após 50 ciclos de alteração mostraram que a rocha exibe reduções de até 26% (G1-3/G2-3) e em outra com aumento de 28% (G1-6/G2-6). Essas diferenças entre os valores podem ser atribuídos às diferenças de microfissuramento e granulometria entre as amostras.

Gráfico 6.5 – Valores em percentual de porosidade das amostras do Golden Ártico no estado natural e após 50 ciclos de alteração acelerada.



O diâmetro dos poros mostra que a rocha apresenta valores mais altos após os ciclos de alteração que as amostras no estado natural. Os resultados mostram que a rocha apresentou um ligeiro aumento no diâmetro dos poros de quase todas as amostras com aumento médio de 1,97%, mas apresentando valores entre -3,90 a 5,48% (Gráfico 6.5). Esses aumentos quando comparados com a porosidade são bons indicativos para o pequeno aumento na porosidade da rocha, mesmo para as que apresentaram valores diferenciados como nas amostras G1-3 e G2-3 que exibiram valores 0,883% no estado natural e 0,653% após os 50 ciclos de alteração, mesmo com o aumento no diâmetro médio dos poros, de 0,0079 μm no estado natural para 0,008 μm . Mesmo com poros maiores, a amostra G2-3 apresenta valores de intrusão de mercúrio menor nessa amostra após os 50 ciclos de alteração, indicando que a amostra apresenta menor quantidade de poros acessíveis que os da amostra G1-3 (Gráfico 6.6).

Gráfico 6.6 – Valores do diâmetro médio dos poros (Área) das amostras do Golden Ártico no estado natural e após 50 ciclos de alteração acelerada.



6.2 Permeabilidade por percolação de gás N_2

A análise de permeabilidade por percolação de gás N_2 mostrou que as rochas estudadas apresentam percolação de gás em meio a suas microfissuras abertas e possíveis contatos, indicando uma pequena conectividade entre elas. Os resultados entre as diferentes etapas de alteração acelerada mostraram que as rochas sofreram um aumento da percolação por aumento da pressão. Vale ressaltar que as amostras foram expostas a ciclos de alteração

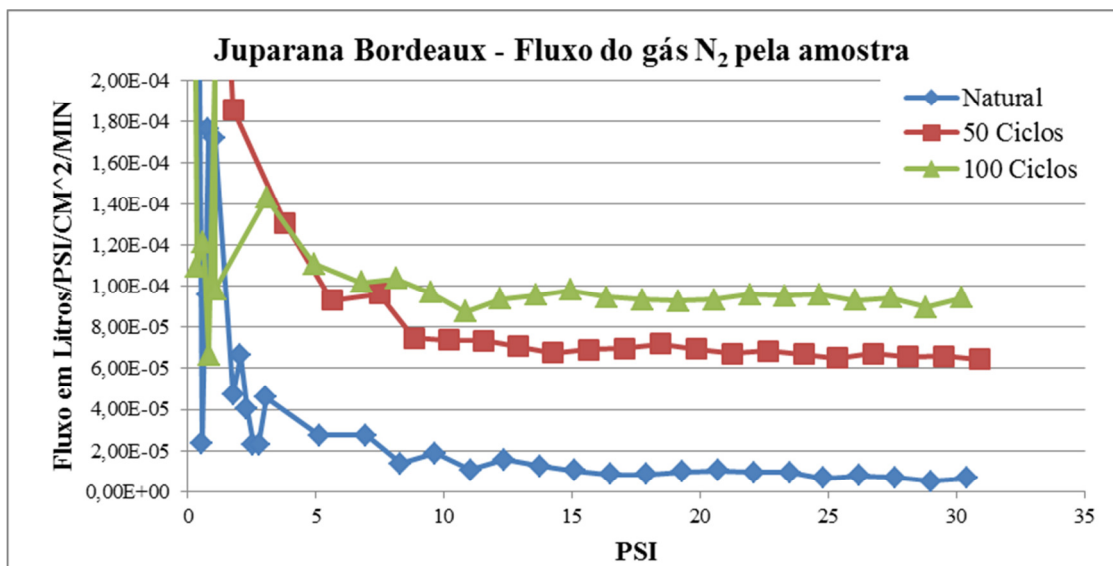
acelerada na câmara de simulação climática, com variações de temperatura e umidade, juntamente com um gás SO_2 em concentração de 25 ppm a pressão de 1 atm (aproximadamente 15 psi).

As análises no permeâmetro a Gás CP-M100A – PM, foram realizadas de forma a avaliar a permeabilidade ao gás N_2 sob pressões crescentes até 30 psi. Esses resultados são expressos em várias unidades sendo que foram utilizados para a caracterização as seguintes unidades: Fluxo do gás em $\text{l/psi/cm}^2/\text{min}$ e de permeabilidade em mDarcy (1 miliDarcy = 10^{-3} Darcy). Os procedimentos seguiram as normas do laboratório e os resultados estão dispostos em forma de gráfico para apresentar uma melhor interpretação dos dados obtidos.

6.2.1 Juparana Bordeaux

As amostras do Juparana Bordeaux apresentaram aumento na velocidade da percolação de gás após as etapas de ciclos de alteração acelerada, como mostra o gráfico 6.7. Os valores analisados acima de 10 psi mostraram que a rocha teve aumento da velocidade do fluxo de gás para todas as etapas. A leitura ficou estabilizada para pressões acima de 15 psi. Nas amostras no estado natural, os valores mostraram fluxo entre $1,04 \times 10^{-5} \text{ l/psi/cm}^2/\text{min}$ a 15 psi e $6,5 \times 10^{-6} \text{ l/psi/cm}^2/\text{min}$ a 30 psi.

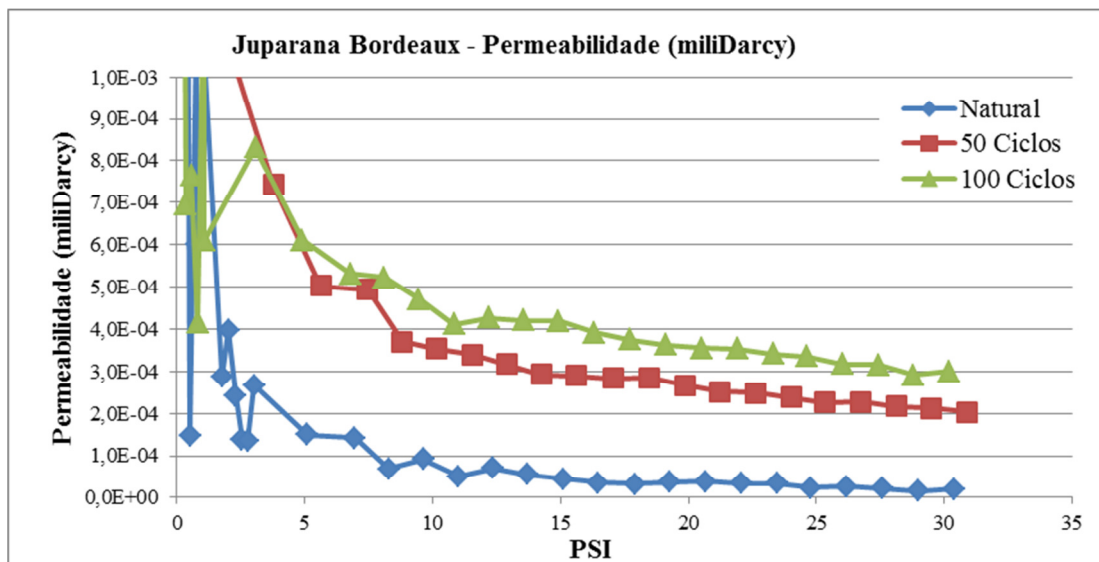
Gráfico 6.7 – Gráfico dos valores de fluxo de gás N_2 x pressão de injeção do gás encontrada para as amostras do Juparana Bordeaux no estado natural e após 50 e 100 ciclos de alteração acelerada.



Após os ciclos de alteração acelerada as amostras mostraram aumento no fluxo de gás, indicando maior aumento no intervalo do estado natural a 50 ciclos, de $6,9 \times 10^{-5}$

l/psi/cm²/min com 15 psi a $6,4 \times 10^{-5}$ l/psi/cm²/min com 30 psi. Com 100 ciclos, as amostras também apresentaram aumento do fluxo, mostrando valores de $9,8 \times 10^{-5}$ l/psi/cm²/min em 15 psi e $9,4 \times 10^{-5}$ l/psi/cm²/min em 30 psi (gráfico 6.7).

Gráfico 6.8 – Gráfico dos valores de permeabilidade x pressão de injeção de gás encontrados para as amostras do Juparana Bordeaux no estado natural e após 50 e 100 ciclos de alteração acelerada.

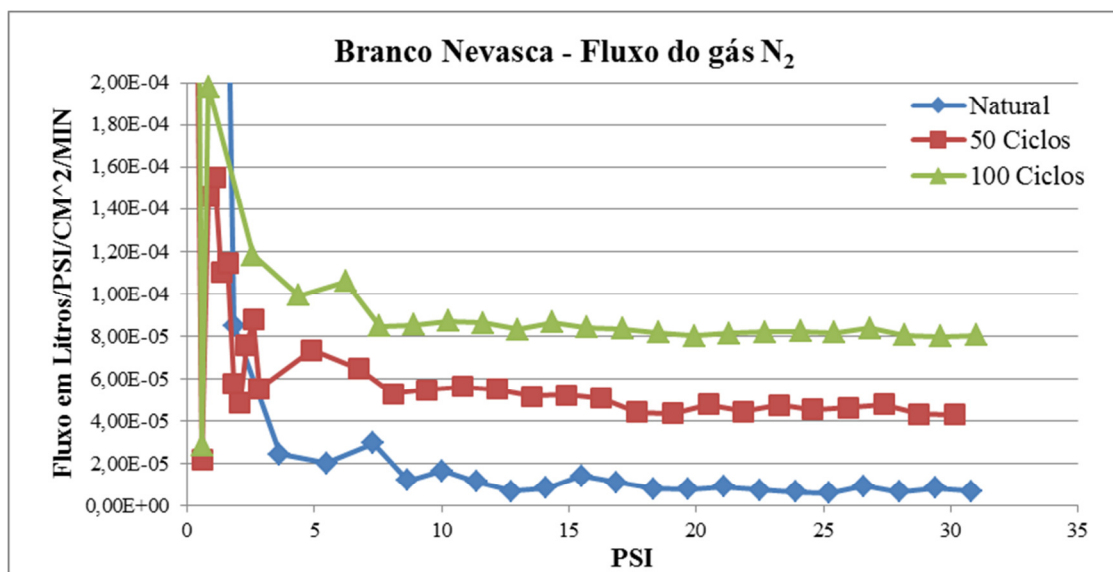


Em relação à permeabilidade em mDarcy, os resultados mostraram valores relativamente constantes para a amostras no estado natural, com $0,44 \times 10^{-4}$ mDarcy em 15 psi e de $0,2 \times 10^{-4}$ mDarcy em 30 psi. Após 50 ciclos de alteração, as amostras mostraram um aumento na permeabilidade de $2,9 \times 10^{-4}$ mDarcy em 15 psi e de $2,02 \times 10^{-4}$ mDarcy em 30 psi. Os valores referentes a 100 ciclos apresentaram aumento de permeabilidade, mas com menor proporção em relação 50 ciclos de alteração (gráfico 6.8) com $4,1 \times 10^{-4}$ mDarcy em 15 ciclos e de $3,0 \times 10^{-4}$ mDarcy em 30 psi.

6.2.2 Branco Nevasca

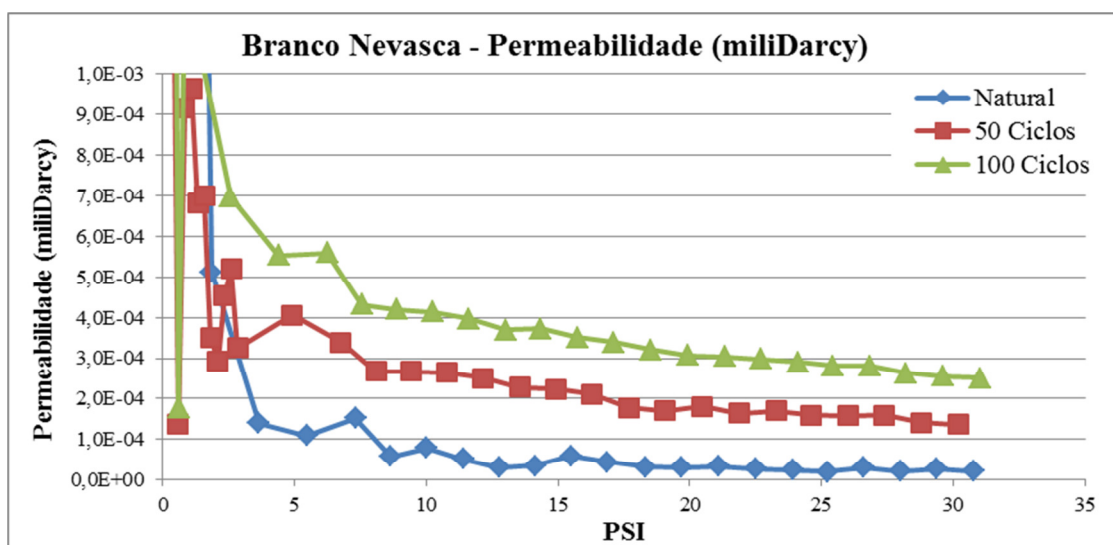
As amostras do Branco Nevasca mostraram resultados com variações graficamente proporcionais em relação as outras rochas estudadas, mas com valores menores de fluxo de gás em todas as etapas de ciclos de alteração acelerada. Os resultados mostram também que a variação de fluxo de gás foi ligeiramente proporcional entre as etapas de alteração acelerada. Os valores de fluxo apresentados foram de entre $1,39 \times 10^{-5}$ l/psi/cm²/min a 15 psi e $0,89 \times 10^{-5}$ l/psi/cm²/min a 30 psi, para as amostras no estado natural.

Gráfico 6.9 – Gráfico dos valores de fluxo de gás N₂ x pressão de injeção de gás encontrada para as amostras do Branco Nevasca, no estado natural e após 50 e 100 ciclos de alteração acelerada.



Após os ciclos de alteração acelerada as amostras mostraram aumento no fluxo de gás, indicando aumento proporcional entre as etapas de alteração acelerada, em 50 ciclos, de $5,2 \times 10^{-5}$ l/psi/cm²/min com 15 psi a $4,2 \times 10^{-5}$ l/psi/cm²/min com 30 psi. Com 100 ciclos, as amostras também apresentaram aumento do fluxo, mostrando valores de $8,4 \times 10^{-5}$ l/psi/cm²/min em 15 psi e $7,9 \times 10^{-5}$ l/psi/cm²/min em 30 psi (Gráfico 6.9).

Gráfico 6.10 – Gráfico dos valores de permeabilidade x pressão de injeção de gás encontrados para as amostras do Branco Nevasca, no estado natural e após 50 e 100 ciclos de alteração acelerada.



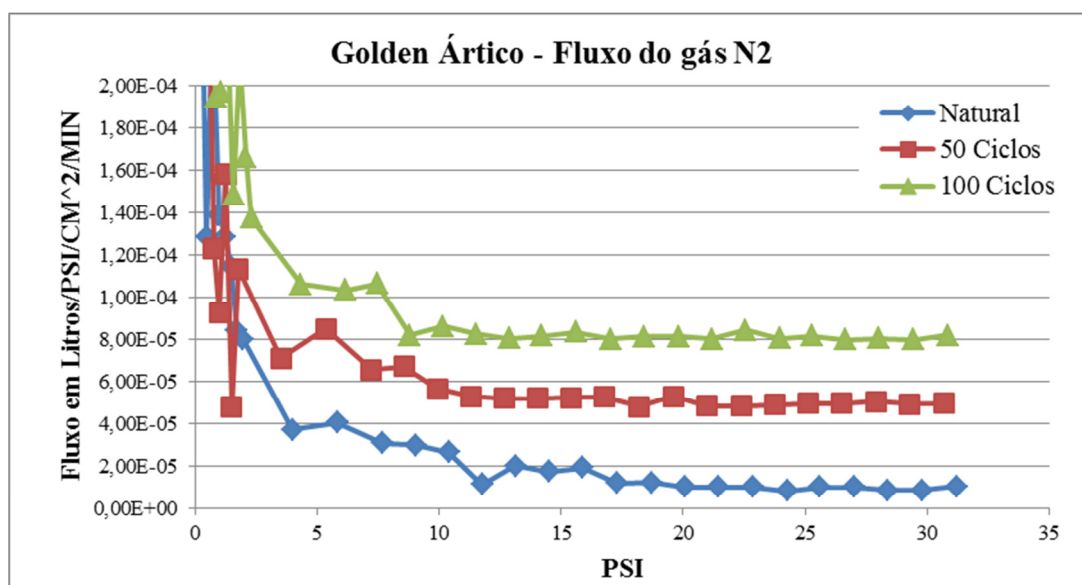
Os valores de permeabilidade para as amostras do Branco Nevasca mostraram aumento da permeabilidade após os ciclos de alteração acelerada, com valor de $0,5 \times 10^{-4}$

mDarcy em 15 psi e de $0,2 \times 10^{-4}$ mDarcy em 30 psi. Após 50 ciclos de alteração, as amostras mostraram permeabilidade de $2,2 \times 10^{-4}$ mDarcy em 15 psi e de $1,3 \times 10^{-4}$ mDarcy em 30 psi. Os valores referentes 100 ciclos, apresentaram aumento de permeabilidade proporcional ao encontrado em relação 50 ciclos de alteração (gráfico 6.10) com $3,5 \times 10^{-4}$ mDarcy em 15 psi e de $2,5 \times 10^{-4}$ mDarcy em 30 psi.

6.2.3 Golden Ártico

As amostras do Golden Ártico mostraram os resultados mais baixos de fluxo de gás das rochas estudadas após as etapas de ciclos de alteração acelerada. Os valores de fluxo de gás antes das alterações foram de $1,75 \times 10^{-5}$ l/psi/cm²/min a 15 psi e $0,87 \times 10^{-5}$ l/psi/cm²/min a 30 psi. Após 50 ciclos de alteração acelerada, as amostras apresentaram valores de $5,2 \times 10^{-5}$ l/psi/cm²/min a 15 psi e $4,94 \times 10^{-5}$ l/psi/cm²/min a 30 psi. Com 100 ciclos, as amostras mostraram valores de $8,35 \times 10^{-5}$ l/psi/cm²/min a 15 psi e $8,7 \times 10^{-5}$ l/psi/cm²/min a 30 psi (Gráfico 6.11).

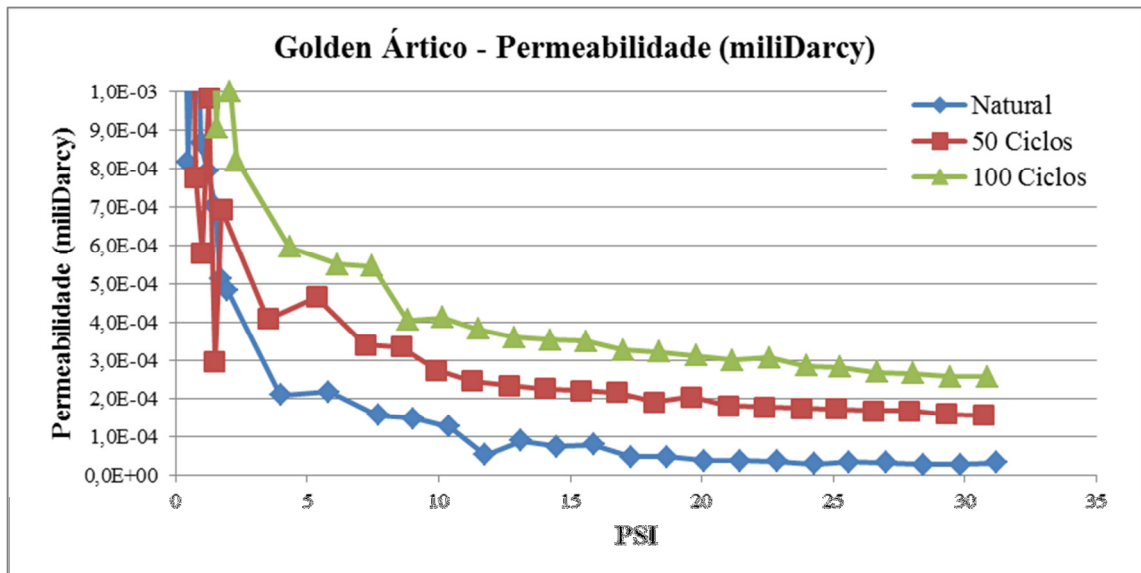
Gráfico 6.11 – Gráfico dos valores de fluxo de gás N₂ x pressão de injeção de gás encontrados para as amostras do Golden Ártico, no estado natural e após 50 e 100 ciclos de alteração acelerada.



Os valores de permeabilidades foram semelhantes aos encontrados nas amostras do Branco Nevasca e de Juparana Bordeaux, mostrando o aumento desse parâmetro no decorrer dos ciclos de envelhecimento acelerado. As amostras naturais mostraram valores de $0,75 \times 10^{-4}$ mDarcy em 15 psi e de $0,27 \times 10^{-4}$ mDarcy em 30 psi. Após 50 ciclos de alteração, as amostras mostraram permeabilidade de $2,21 \times 10^{-4}$ mDarcy em 15 psi e de $1,56 \times 10^{-4}$

mDarcy em 30 psi. Os valores referentes 100 ciclos, apresentaram aumento de permeabilidade proporcional ao encontrado em relação a 50 ciclos de alteração com $3,51 \times 10^{-4}$ mDarcy em 15 ciclos e de $2,57 \times 10^{-4}$ mDarcy em 30 psi (gráfico 6.12).

Gráfico 6.12 – Gráfico dos valores de permeabilidade x pressão encontrados para as amostras do Golden Ártico, no estado natural e após 50 e 100 ciclos de alteração acelerada.



7 EXALAÇÃO DE RADÔNIO

7.1 Apresentação

O radônio se trata de gás nobre que apresenta alta mobilidade em comparação com os outros elementos presentes na série de decaimento do urânio. O radônio ocorre naturalmente no meio ambiente e está presente no ar exterior e interior em todo o mundo. A migração de ^{222}Rn ocorre principalmente por difusão através dos poros das rochas e solos, falhas e fissuras, bem como por dissolução nas águas subterrâneas e superficiais, verificando-se sua incorporação na fase líquida quando ele percola a fase sólida portadora do ^{226}Ra , com ou sem a presença de ^{238}U , e também quando a fase líquida localiza-se em uma distância correspondente a do alcance de difusão do gás emanado (BOWIE & PLANT, 1983 *apud* BONOTTO, 1996).

O rádio (^{226}Ra), que é a fonte de gás radônio, é um constituinte natural menor de muitos materiais de construção comuns, tais como concreto, tijolo, gesso e pedra natural. Granito e outras rochas que são uma escolha popular para bancadas e outros elementos decorativos em casas e edificações são avaliadas extensivamente em vários estudos.

Mais de 500 medidas das emissões de radônio em granitos foram publicadas na literatura científica. Estas informações forneceram uma base para estimativas preliminares de níveis normais e superiores de radônio no ar no interior de casas, associadas com as emissões de bancadas de pedra naturais (EH&E. 2009). Desde então, vários estudos têm sido publicados demonstrando que as exposições de radônio e radiação direta de bancadas em granito são muito baixos, e que esta não é uma questão de preocupação para os proprietários (Allen et al., 2010; Chen et al., 2010; Myatt et al., 2010; Llope, 2011; Allen et al., 2013).

Para as rochas estudadas, foram seguidas as normas do laboratório de LRN da Universidade de Coimbra-PT, sendo descritas no capítulo de metodologia. A norma EPA(2003) e a norma 90/143/EURATOM (1990) sugerem que os valores limites para a concentração de Rn^{222} seja de 150 a 200 Bq/m³.

Para a interpretação dos dados, alguns parâmetros tiveram que ser observados. Na etapa de 100 ciclos de alteração acelerada, uma amostra de cada rocha não foi analisada devido a problemas técnicos, sendo removida da base de cálculos. Essas amostras foram selecionadas de forma a não modificar a médias dos valores obtidos nas duas primeiras etapas.

Outro fator importante foi o tempo em que as amostras passaram dentro dos contentores e o período de tempo de análise do gás radônio exalado da rocha no contentor. Foram observados que alguns valores apresentaram relativa diferença durante as etapas de ciclos de alteração acelerada. Essa variação no tempo dentro dos contentores deve-se à relação de um cronograma que foi adaptado várias vezes para as rotinas do laboratório com outros projetos do qual já estavam vinculados e adaptações com os outros ensaios a serem realizados. As tabelas dos valores obtidos estão disponibilizadas em anexo e um resumo destas está na tabela 7.1.

Tabela 7.1 – Valores obtidos de concentração de gás radônio e fluxo das amostras no estado natural, 50 e 100 ciclos de envelhecimento acelerado.

Amostras		Natural		50 Ciclos				100 Ciclos							
		CRneq (Bq/m³)	F (Bq/m²/h)	CRneq (Bq/m³)	F (Bq/m²/h)	(%) ΔCRneq Natural - 50 Ciclos	(%) ΔF (Bq/m²/h) Natural - 50 Ciclos	CRneq (Bq/m³)	F (Bq/m²/h)	(%) ΔCRneq Natural - 100 Ciclos	(%) ΔF (Bq/m²/h) Natural - 100 Ciclos	(%) ΔCRneq 50 - 100 Ciclos	(%) ΔF (Bq/m²/h) 50 - 100 Ciclos		
Bordeaux	B01	8765,01	15,46	9560,21	20,44	<div></div> 9,07%	<div></div> 32,20%	9197,46	19,83	<div></div> 4,93%	<div></div> 28,27%	<div></div> -3,79%	<div></div> -2,97%		
	B02	3232,50	6,32	3340,21	7,08	<div></div> 3,33%	<div></div> 12,09%								
	B03	6758,86	11,96	6770,12	14,58	<div></div> 0,17%	<div></div> 21,91%	5967,36	12,77	<div></div> -11,71%	<div></div> 6,82%	<div></div> -11,86%	<div></div> -12,38%		
	B04	5008,87	8,56	4692,68	9,95	<div></div> -6,31%	<div></div> 16,27%	4801,47	10,20	<div></div> -4,14%	<div></div> 19,26%	<div></div> 2,32%	<div></div> 2,57%		
	B05	3870,60	7,06	3570,22	7,57	<div></div> -7,76%	<div></div> 7,25%	3868,99	8,24	<div></div> -0,04%	<div></div> 16,72%	<div></div> 8,37%	<div></div> 8,83%		
	B06	6344,73	10,76	6904,10	14,80	<div></div> 8,82%	<div></div> 37,54%	6062,02	12,85	<div></div> -4,46%	<div></div> 19,37%	<div></div> -12,20%	<div></div> -13,21%		
Branco Nevada	BN01	361,93	0,43	685,80	1,45	<div></div> 89,48%	<div></div> 235,21%								
	BN02	2447,80	4,83	2488,93	5,16	<div></div> 1,68%	<div></div> 6,67%	2153,37	4,58	<div></div> -12,03%	<div></div> -5,34%	<div></div> -13,48%	<div></div> -11,26%		
	BN03	1307,74	2,06	1229,56	2,61	<div></div> -5,98%	<div></div> 26,47%	1066,69	2,15	<div></div> -18,43%	<div></div> 4,38%	<div></div> -13,25%	<div></div> -17,47%		
	BN04	879,60	1,71	822,33	1,46	<div></div> -6,51%	<div></div> -14,59%	426,01	0,76	<div></div> -51,57%	<div></div> -55,32%	<div></div> -48,20%	<div></div> -47,69%		
	BN05	1167,86	1,75	1363,38	2,66	<div></div> 16,74%	<div></div> 51,96%	1410,27	2,99	<div></div> 20,76%	<div></div> 70,80%	<div></div> 3,44%	<div></div> 12,40%		
	BN06	2296,89	4,28	2905,68	5,99	<div></div> 26,51%	<div></div> 39,83%	1765,43	3,49	<div></div> -23,14%	<div></div> -18,56%	<div></div> -39,24%	<div></div> -41,76%		
Golden Artico	G01	969,31	1,43	872,39	1,86	<div></div> -10,00%	<div></div> 30,50%	954,97	2,00	<div></div> -1,48%	<div></div> 40,25%	<div></div> 9,47%	<div></div> 7,47%		
	G02	402,49	0,66	749,09	1,48	<div></div> 86,11%	<div></div> 122,96%								
	G03	847,86	1,10	485,68	0,97	<div></div> -42,72%	<div></div> -11,72%	848,97	1,66	<div></div> 0,13%	<div></div> 51,38%	<div></div> 74,80%	<div></div> 71,47%		
	G04	987,40	1,68	749,90	1,42	<div></div> -24,05%	<div></div> -15,18%	839,65	1,69	<div></div> -14,96%	<div></div> 0,53%	<div></div> 11,97%	<div></div> 18,52%		
	G05	928,41	1,16	718,74	1,46	<div></div> -22,58%	<div></div> 26,24%	616,00	1,22	<div></div> -33,65%	<div></div> 5,56%	<div></div> -14,29%	<div></div> -16,38%		
	G06	599,25	0,72	479,40	0,79	<div></div> -20,00%	<div></div> 10,32%	421,56	0,70	<div></div> -29,65%	<div></div> -2,90%	<div></div> -12,06%	<div></div> -11,99%		

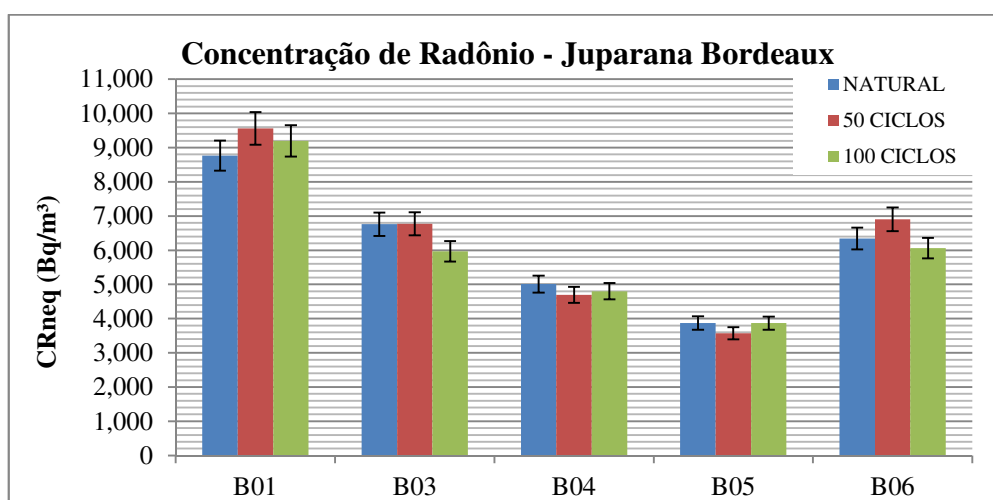
Os valores de concentração de radônio na câmara nos contentores medidos pelo AlphaGUARD, após 15 dias, são referentes a aproximadamente 90 % da concentração final de radônio. O valor final de concentração (C_{Rneq}) foi recalculado para as amostras e disponibilizados em forma de tabela e gráfico. Os dados de fluxo de gás radônio em Bq/m²/h e Bq/h são baseados no tempo em que as amostras ficaram dentro dos contentores e no valor de background obtido antes da análise da amostra, não sendo recalculados para a concentração final.

Na ultima etapa de análise da concentração de radônio, onde seria determinados os resultados da etapa de 100 ciclos de alteração acelerada, ocorreram problemas no equipamento e três amostras, sendo uma para cada tipo de rochas, não foram realizadas análises para essa etapa. As amostras que não foram analisadas são B02, BN01 e G02.

7.2 Juparana Bordeaux

As amostras do Juparana Bordeaux mostraram valores muito acima dos sugeridos pela EPA (2003) e a norma 90/143/EURATOM (1990) para as análises efetuadas no estado natural e no decorrer dos ciclos de envelhecimento acelerado (Gráfico 7.1). A rocha apresenta valores de concentração de radônio com valor médio de 6149 Bq/m³ para as amostras no estado natural, 6299 Bq/m³ para 50 ciclos e de 5979 Bq/m³ para 100 ciclos de alteração, sendo os valores limites sugeridos entre 150 e 200 Bq/m³ para novas residências.

Gráfico 7.1 – Variação da concentração de radônio (em Bq/m³) das amostras do Juparana Bordeaux durante os ciclos de envelhecimento acelerado.



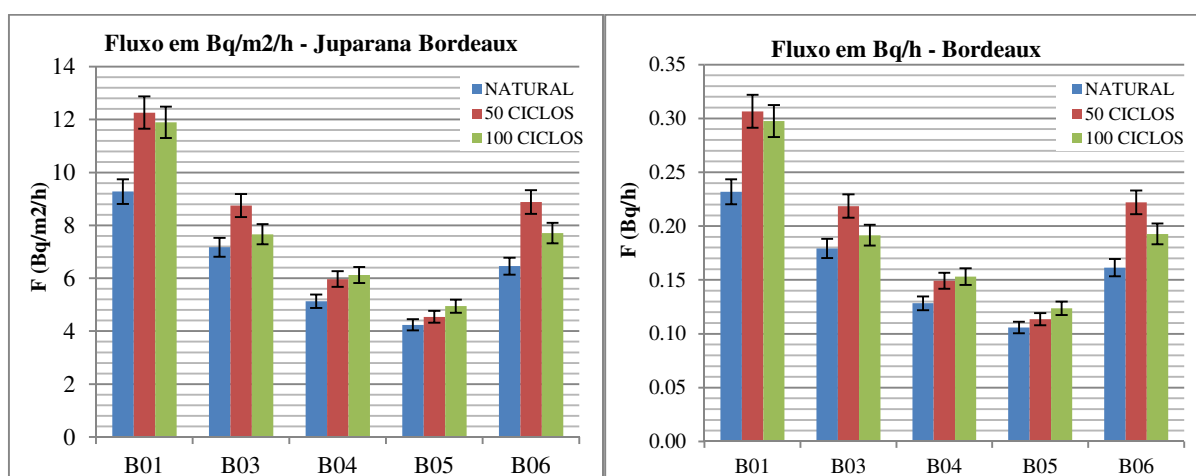
Dentre as amostras analisadas, a amostra B01 apresentou valor mais alto em todas as etapas de ciclos de alteração acelerada, com valor de 8765 Bq/m³, 9560 Bq/m³ e 9197 Bq/m³, nas etapas do estado natural, 50 e 100 ciclos, respectivamente. Para todas as amostras as concentrações de radônio foram diferentes durante os ciclos de alteração acelerada, mostrando uma pequena diferença entre os ciclos, exibindo aumento e redução da concentração de radônio nos contentores na primeira etapa de 50 ciclos de alteração. As amostras B01, B06 e B03 apresentaram 9,07%, 8,82% e 0,17% de aumento da concentração de radônio, respectivamente, em relação às medidas efetuadas no estado natural, e as amostras B05 e B04 mostraram redução de 7,76% e 6,31% em relação às medidas no estado natural.

Em 100 ciclos de alteração, a maioria das amostras apresentou redução na concentração de radônio. Nesta etapa, as amostras B04 e B05 apresentaram aumento de 2,32% e 8,37%, respectivamente, na concentração de radônio, e as demais mostraram redução

de 12,2 % (B06), 11,86% (B03) e 3,79% (B01) em relação às medições de 50 ciclos de alteração.

Com os valores de concentração de radônio nos contentores, foi possível calcular o fluxo de radônio nas amostras. As amostras do Juparana Bordeaux apresentaram valores altos de fluxo de gás da rocha para o ambiente, com fluxo crescente durante os ciclos de alteração acelerada. Os valores mostraram média de 10,76 Bq/m²/h no estado natural, 13,47 Bq/m²/h para 50 ciclos e uma redução 12,78 Bq/m²/h em 100 ciclos.

Gráfico 7.2 – Variação do fluxo de radônio (em Bq/m²/h e Bq/h) das amostras do Juparana Bordeaux durante os ciclos de envelhecimento acelerado.



As amostras do Juparana Bordeaux apresentaram aumento de fluxo de radônio durante os ciclos de alteração acelerada em relação as medições no estado natural, como pode ser visto no (gráfico 7.2). Para esta rocha, foram observadas amostras que apresentaram aumento de 32,20% (B01) e 37,54% (B06) do fluxo de radônio do estado natural para 50 ciclos, sendo que o aumento médio indicou aumento de 23,03%. Quando comparados os valores de medidas em 50 para 100 ciclos de alteração acelerada, as amostras apresentaram redução média de 3,43%, mas com amostras exibindo reduções com até 13,21%.

As médias de fluxo mostram que a rocha, no caso um pegmatito, apresenta valores altos de concentração e fluxo de gás, podendo ser atribuídos a uma grande concentração de elementos radioativos inclusos na estrutura cristalina dos minerais, principalmente nos feldspatos potássicos, bem como pode ser observado na petrografia desta rocha, que apresentou minerais acessórios como alanita, zircão e apatita totalizando quase 1% dos minerais presentes na rocha. Outro fator que pode ser importante para a caracterização da exalação de radônio da rocha é o grau de microfissuramento e de alteração de alguns

minerais, principalmente a alanita, quando foi observado que o produto de dissolução pelo decaimento radioativo de elementos desse mineral estava preenchendo microfissuras, tanto intragrão (0,95 microfissuras/mm²) como intergrão (0,36 microfissuras/mm²), sendo um facilitador da remoção do radônio para o exterior da rocha. Cristais como os feldspatos, microclina e k-feldspato, em sua maioria apresentavam grau de alteração mais alta e, podem ser facilitadores da remoção do radônio do interior da rocha.

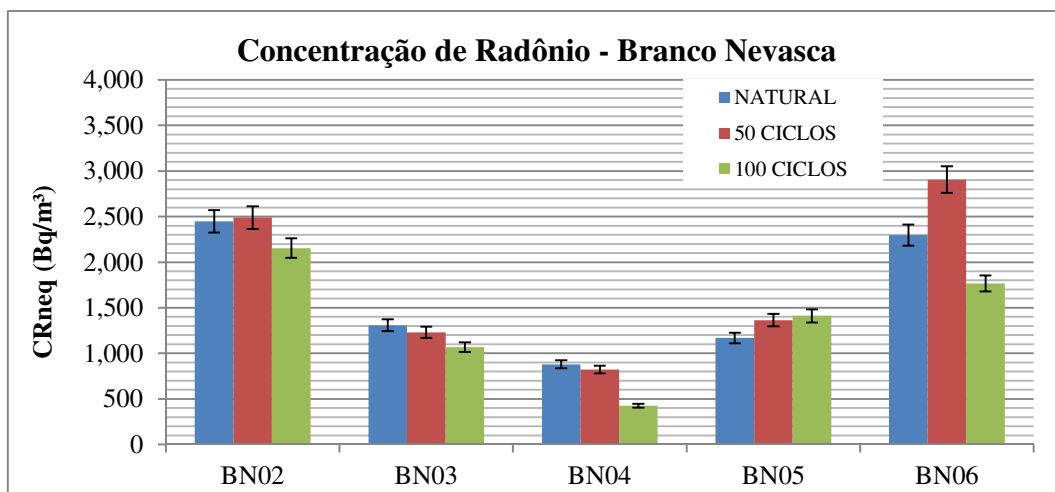
O aumento do fluxo sugere que a alteração superficial da rocha com o decorrer dos ciclos de alteração acarretou o aumento, pois os minerais da superfície da placa apresentaram maior desgaste com a ação do ataque acelerado de variações de temperatura e humidade, juntamente com o SO₂, principalmente na primeira etapa de ciclos de alteração acelerada. Essa alteração superficial aumentou a porosidade e a permeabilidade da rocha, mostrando um aumento no fluxo de gás da rocha. Os dados de permeabilidade apresentados no capítulo anterior mostraram que as amostras do Juparana Bordeaux ocorreu um aumento da permeabilidade da rocha, bem como o fluxo de gás utilizado no ensaio. Esse aumento foi mais significativo na primeira etapa de ciclos de alteração (0-50 ciclos) que nos da segunda etapa (50-100 ciclos).

7.3 Branco Nevesca

As amostras do Branco Nevesca apresentam características diferenciadas que mostram aparentemente duas “fácies”, com cristais equidimensionais, mas com composição mineral um pouco diferente. Quando são analisadas as placas utilizadas para a avaliação da exalação de radônio, pode ser observado que as placas BN02 e BN06 em relação as BN01, BN03, BN04 e BN05 apresentaram diferenças em coloração, por essas primeiras placas apresentarem uma maior quantidade de quartzo e as segundas mostrarem cristais de albita com coloração mais clara (Figura 3.2).

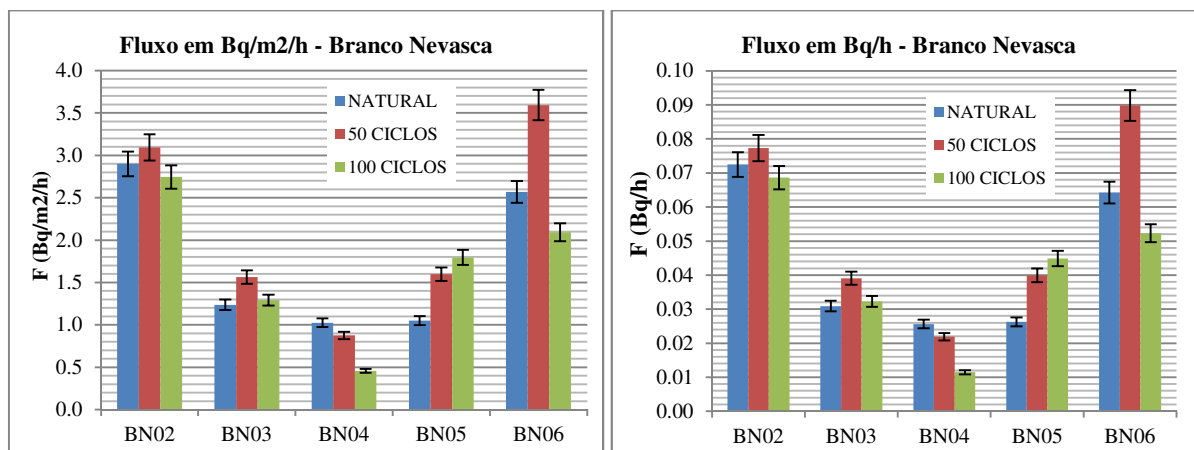
Em relação a essas diferenças, as placas analisadas coincidentemente apresentaram diferenças de exalação de radônio durante os ciclos de alteração acelerada, mostrando padrões diferentes entre elas.

Gráfico 7.3 – Variação da concentração de radônio (em Bq/m³) das amostras do Branco Nevasca durante os ciclos de envelhecimento acelerado.



Os valores medidos de exalação de radônio estão acima dos sugeridos pela EPA (2003) e a norma 90/143/EURATOM (1990), exibindo valores médios, no estado natural, de 1619 Bq/m³ mas com valor máximo de 2447 Bq/m³ (BN02) e mínimo de 879,6 Bq/m³ (BN04). Para os valores medidos após 50 ciclos de alteração acelerada, foi encontrado valor médio de 1761 Bq/m³, com valor máximo de 2905 Bq/m³ (BN06) e valor mínimo de 822 Bq/m³ (BN04). Com 100 ciclos de alteração exibiu valor médio de 1364 Bq/m³, com máximo de 2153 Bq/m³ (BN02) e mínimo de 426 Bq/m³ (BN04) (Gráfico 7.3). Com esses resultados, as amostras do Branco Nevasca apresentaram aumento médio de 8,77% na primeira etapa de ciclos de alteração, enquanto que na segunda etapa houve uma redução de 22,57%, indicando que a rocha mostrou redução da quantidade de radônio após os ciclos de alteração mas com valores elevados de concentração de radônio.

Gráfico 7.4 – Variação do fluxo de radônio (em Bq/m²/h e Bq/h) das amostras do Branco Nevasca durante os ciclos de envelhecimento acelerado.



Seguindo a mesma relação de resultados da concentração de radônio, as amostras do Branco Nevasca mostraram altos valores de fluxo de gás, exibindo na maioria das amostras aumento na primeira etapa de alteração acelerada (0 – 50 ciclos), seguida de redução na segunda etapa (50 – 100 ciclos), onde somente a amostra BN04 mostrou redução do fluxo de radônio durante as etapas dos ciclos de alteração acelerada e a amostra BN05 exibiu aumento do fluxo de gás durante os ciclos de alteração (Gráfico 7.4).

As amostras BN02 e BN06 exibiram padrões de exalação, onde na primeira etapa de alteração houve aumento e na segunda etapa as rochas apresentaram redução na exalação, como pode ser observado nos gráficos de fluxo e concentração. Outro fator observado é que essas amostras apresentaram os valores mais altos de concentração e fluxo de radônio, as quais são pertencentes à fácies mais escura.

As amostras BN03, BN04 e BN05 apresentaram valores de fluxo e concentração de radônio menores que as amostras BN02 e BN06, sendo que as primeiras amostras citadas mostraram menor variação de clareamento da rocha, podendo indicar uma maior alteração da superfície das amostras BN02 e BN06, provavelmente por uma maior concentração de minerais feldspáticos (microclina e plagioclásio) e consequente maior alteração dos mesmos.

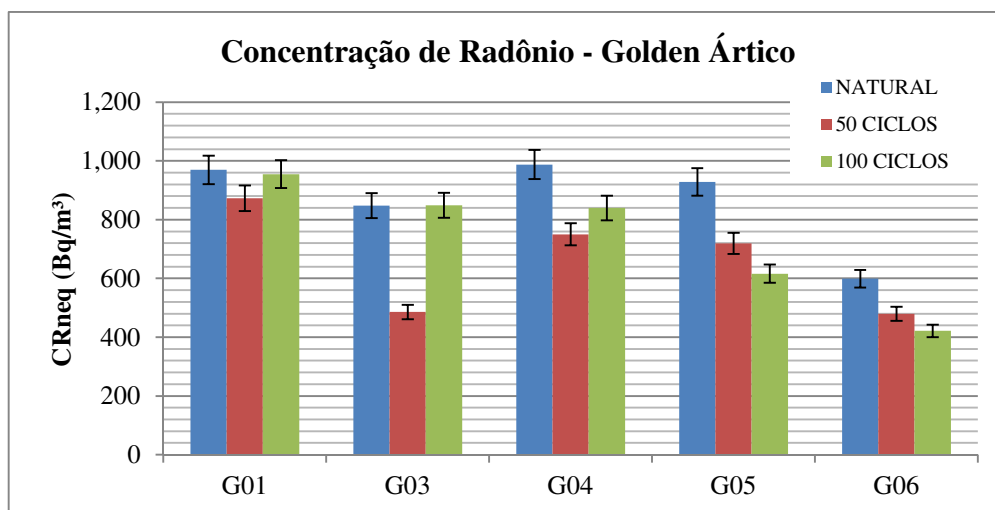
A maioria das amostras apresentou aumento na concentração e fluxo de radônio, principalmente no primeiro intervalo de ciclos de alteração acelerada, podendo estar relacionado a uma maior alteração dos minerais presentes na superfície da placa, gerando um aumento na permeabilidade e consequente maior exalação. No ensaio de permeabilidade, é observado que no decorrer dos ciclos de alteração, os valores de permeabilidade em miliDarcy aumentavam com o aumento dos ciclos de alteração acelerada, mostrando que a rocha apresenta aumento de permeabilidade com a crescente ação da alteração na rocha.

7.4 Golden Ártico

As análises efetuadas nas amostras do Golden Ártico mostraram que a rocha apresenta valor médio de 866 Bq/m³ sendo que o valor máximo foi de 987 Bq/m³ e o mínimo de 599 Bq/m³, para as amostras no estado natural. Nas amostras com 50 e 100 ciclos de alteração acelerada, as medidas exibiram valores médios de 661 Bq/m³ e de 736 Bq/m³, respectivamente, indicando uma redução de 23,87% na primeira etapa de ciclos de alteração acelerada e um aumento de 13,98% na segunda etapa de alteração. Esses resultados mostram valores acima dos sugeridos pela EPA (2003) e pela norma 90/143/EURATOM (1990), para as análises efetuadas no estado natural e no decorrer dos ciclos de alteração acelerada.

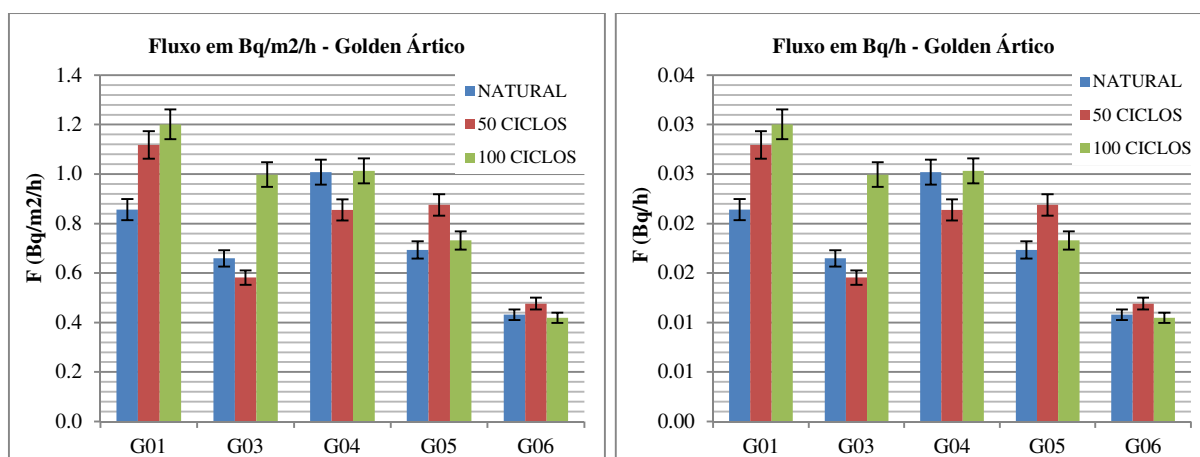
Em relação às placas isoladas, foram observados que as amostras na primeira etapa de ciclos de alteração apresentaram redução de 10 a 42% em todas as amostras e, na segunda etapa, três amostras apresentaram aumento entre 9,47% (G01) a 74,80% (G03) e duas amostras apresentaram redução de 12,06% (G06) e 14,29% (G05) (gráfico 7.5).

Gráfico 7.5 – Variação da concentração de radônio (em Bq/m³) das amostras do Golden Ártico durante os ciclos de envelhecimento acelerado.



O fluxo de radônio nas amostras do Golden Ártico mostraram valores não proporcionais aos dados de exalação de radônio, como é observado nas amostras do Juparana Bordeaux e Branco Nevasca. Mesmo com as diferenças, os valores mostraram valores altos de fluxo de radônio, com média de 0,73 Bq/m²/h, 0,78 Bq/m²/h e 0,87 Bq/m²/h para o estado natural, 50 e 100 ciclos de alteração acelerada, respectivamente.

Gráfico 7.6 – Variação do fluxo de radônio (em Bq/m²/h e Bq/h) das amostras do Golden Ártico durante os ciclos de envelhecimento acelerado.



A alta concentração de radônio e fluxo de exalação de gás pode estar relacionado à rocha apresentar um alto grau de microfissuras, principalmente em plagioclásios, e essas fissuras geralmente estão preenchidas por produtos de alteração de minerais maficos como oxidação das biotitas. Outro fator pode ser a presença de várias apatitas inclusas dentro de cristais, principalmente plagioclásios, que em sua maioria mostram microfissuras podendo ser um caminho para o aumento na exalação.

8 DISCURSÃO DOS RESULTADOS

Neste capítulo foram abordados resultados obtidos nos ensaios realizados na tese visando correlacionar as características observadas nas amostras do Juparana Bordeaux, Branco Nevasca e Golden Ártico. A correlação dos dados é importante para ajudar na interpretação dos resultados obtidos e avaliar as rochas com relação à sua potencialidade em aumentar a exalação de gás radônio após o desgaste do material com ataques de agentes agressivos, como o dióxido de enxofre, que foi utilizado na câmara de simulação climática.

As análises mostraram que as rochas apresentaram variações na exalação de radônio no decorrer dos ciclos de envelhecimento acelerado, mas geralmente com progressivo aumento dos valores de concentração e fluxo principalmente no Juparana Bordeaux, que é um pegmatito que apresenta alguns minerais acessórios, como alanita e apatita, que podem aumentar a concentração de radionuclídeos naturais e contribuir para um aumento na capacidade da rocha de exalar mais radônio. O Branco Nevasca mostrou valores mais baixos que a rocha anterior, mas altos em relação aos sugeridos pelos órgãos ambientais norte americano e europeu. O Golden Ártico apresentou os valores mais baixos das rochas estudadas, mas ainda acima dos valores sugeridos por órgão ambientais. Mesmo com valores acima destes limites, fez necessário avaliar os motivos para essa alta taxa de exalação do gás radônio nas rochas.

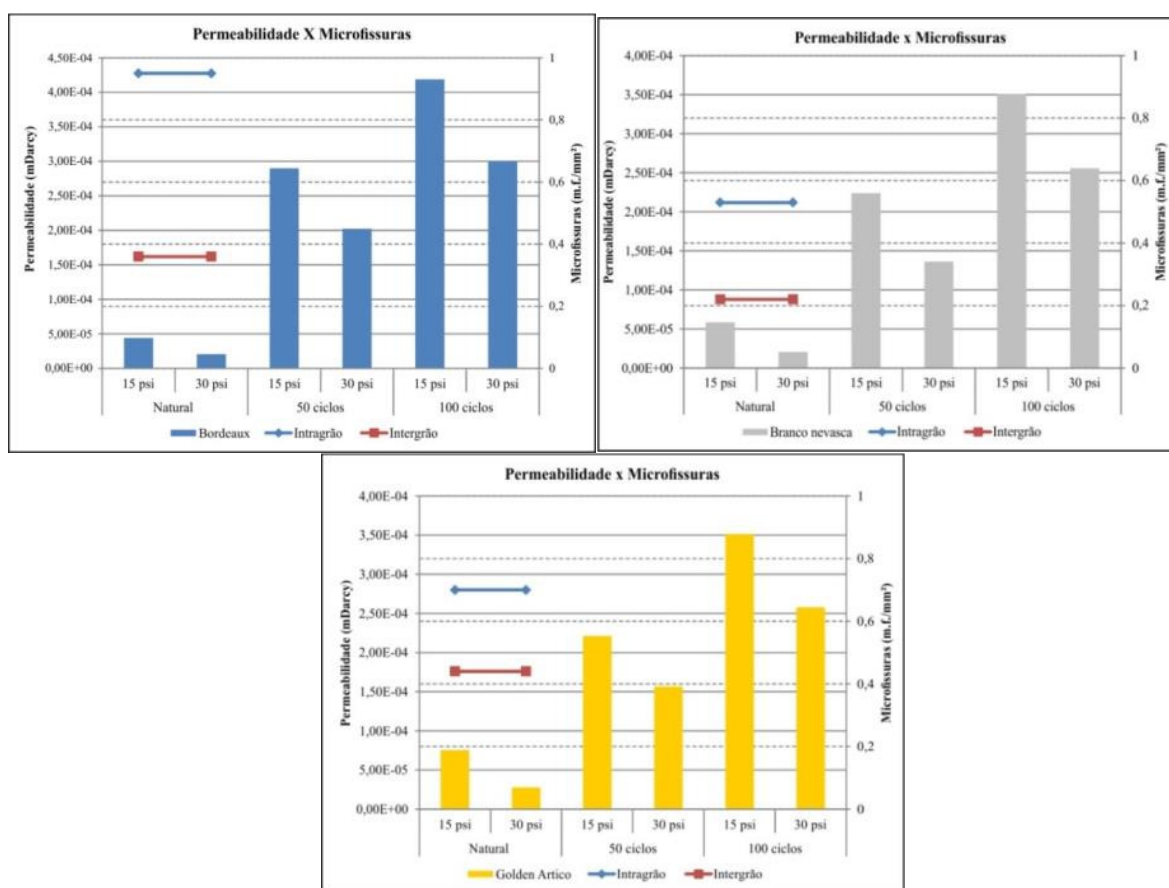
A seguir, foram analisadas as correlações que apresentaram melhores resultados para interpretação da taxa de exalação dos materiais pétreos estudados. Pela análise de caracterização petrográfica, foi observado que as rochas apresentavam, seguindo a classificação da Meyer (2003), valores altos de microfissuras em todas as rochas analisadas, indicando que estas poderiam mostrar valores altos de permeabilidade e porosidade. O gráfico 8.1 mostra os valores médios encontrados de permeabilidade durante os ciclos de envelhecimento acelerado do Juparana Bordeaux, Branco Nevasca e Golden Ártico em comparação aos obtidos de microfissuramento por mm², intragrão e intergrão, somente no estado natural.

Dentre as rochas estudadas no estado natural, a que apresentou menor valor de permeabilidade foi o Juparana Bordeaux, seguido do Branco Nevasca e Golden Ártico. Após 50 e 100 ciclos de alteração, os resultados mostraram que o Juparana Bordeaux apresentou maior aumento na permeabilidade em relação ao Branco Nevasca e Golden Ártico. Esse aumento em maior proporção do Juparana Bordeaux pode ter sido ocasionado pela maior quantidade de microfissuras intragrão e intergrão da rocha que com o decorrer dos ciclos de

envelhecimento acelerado, facilitaram a alteração de minerais com menor resistência da rocha pelos processos de intemperismo acelerado com a atmosfera saturada em SO_2 .

O Branco Nevasca e Golden Ártico também apresentaram aumento na permeabilidade, mas em menor proporção, ficando ambos com valores de permeabilidade semelhantes após 50 e 100 ciclos de alteração. O Branco Nevasca apresentou uma variação menor, mas acima do Golden Ártico, provavelmente devido ao Branco Nevasca apresentar maior quantidade de minerais feldspáticos (albita e microclina) juntamente com uma grande quantidade de microfissuras, reduzindo a resistência nesses minerais e facilitando a percolação do gás. Já o Golden Ártico, mesmo com quantidade de microfissuras alta, apresentou menor variação de permeabilidade em relação às rochas anteriores.

Gráfico 8.1 – Gráficos mostrando a relação entre valores de permeabilidade, a 15 e 30 psi, e microfissuras do Juparana Bordeaux (azul), Branco Nevasca (cinza) e Golden Ártico (amarelo).



Em relação aos dados de concentração de radônio e fluxo de gás, foram correlacionados os dados de microfissura, porosidade e permeabilidade para avaliar as rochas analisadas.

Para a comparação dos resultados de concentração (CR_{neq}) e fluxo de radônio (F) foram utilizados os dados no estado natural e 50 ciclos, visando melhorar a interpretação dos dados. Os resultados estão dispostos nos gráficos 8.2, 8.3 e 8.4, que relaciona esses dados com os de microfissuras encontradas nas rochas no estado natural. A média para amostras do Juparana Bordeaux e Branco Nevasca exibiram valores altos de concentração e fluxo no estado natural e um aumento destes dois parâmetros após 50 ciclos de alteração, sendo que somente o Golden Ártico apresentou alta concentração, mas teve uma pequena redução na concentração após os 50 ciclos de alteração.

Os resultados com relação entre microfissuras x concentração e fluxo de gás radônio apresentados nos gráficos 8.2, 8.3 e 8.4, indicam que essas rochas mostraram maior liberação do gás do seu interior devido a uma maior facilidade de escape do gás SO_2 , podendo gerar uma maior dissolução da superfície de minerais portadores de radionuclídeos, como o rádio e gás radônio que é liberado para o ambiente externo.

Gráfico 8.2 – Relação da concentração (CR_{neq}) e fluxo de gás (F) radônio com as microfissuras no Juparana Bordeaux

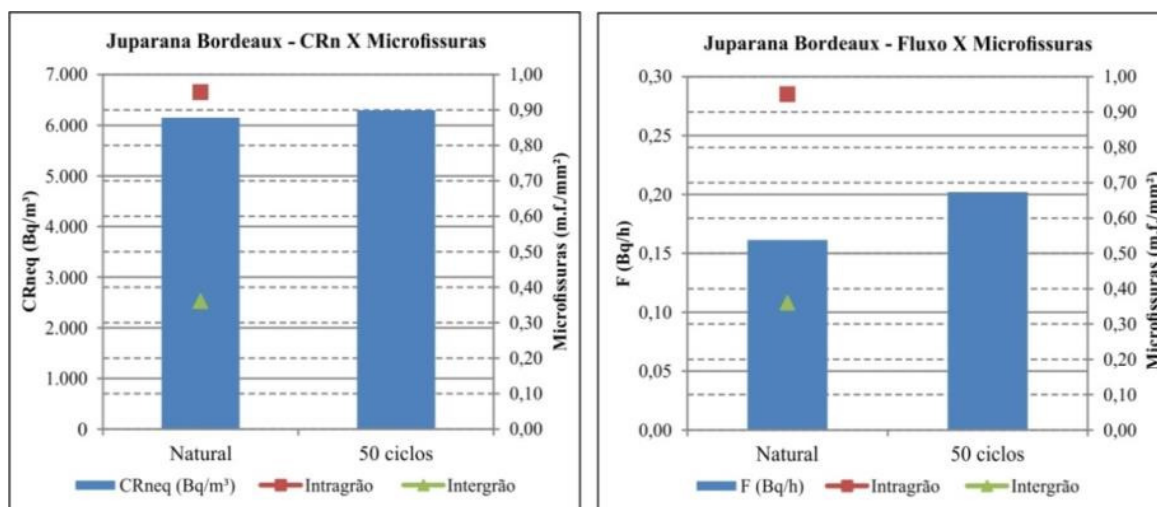


Gráfico 8.3 – Relação da concentração (CR_{neq}) e fluxo de gás (F) radônio com as microfissuras no Branco Nevasca.

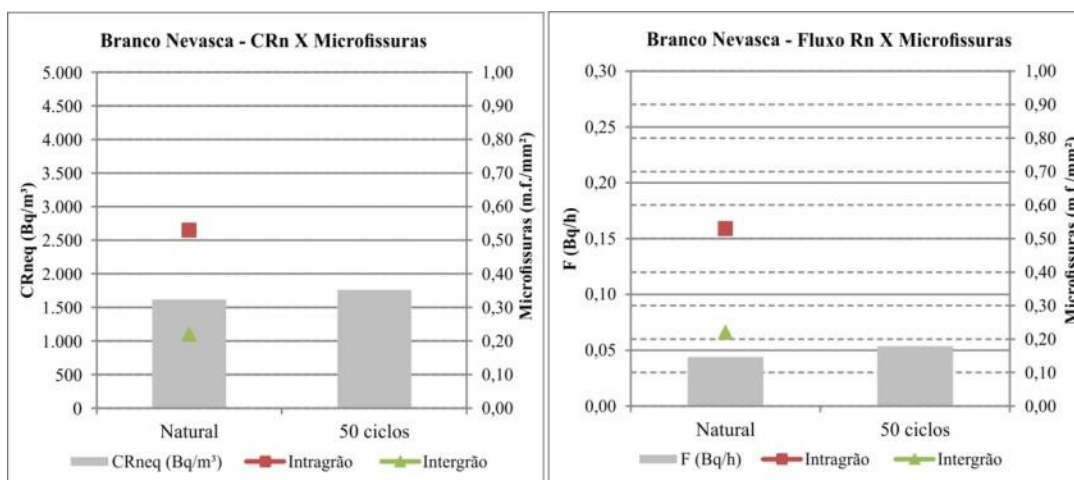
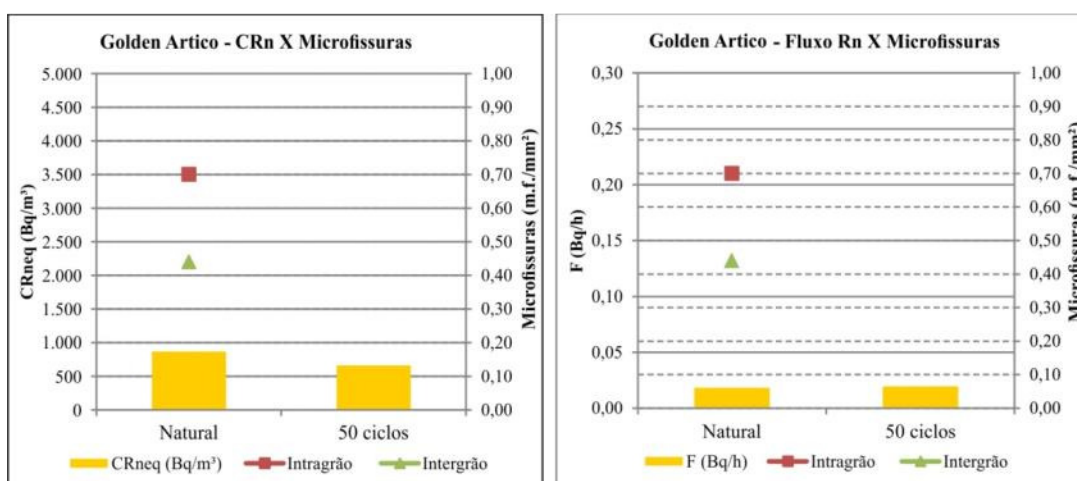


Gráfico 8.4 - Relação da concentração (CR_{neq}) e fluxo de gás (F) radônio com as microfissuras no Golden Ártico.



Os dados de radônio quando comparados com a permeabilidade e a porosidade, do estado natural para 50 ciclos, mostraram que as amostras do Juparana Bordeaux e Branco Nevasca exibiram correlação em aumento de permeabilidade com aumento de concentração (CR_{neq}) e fluxo de radônio (F), mesmo com a porosidade do Juparana Bordeaux diminuindo com o aumento da alteração acelerada. O Golden Ártico exibiu redução da concentração e fluxo de radônio mesmo com aumento da permeabilidade e porosidade.

Os resultados mostraram que as rochas estudadas apresentaram altos valores de concentração e fluxo de radônio devido a estas exibirem alto valor de microfissuras por mm² em minerais, acarretando uma alta permeabilidade e porosidade para os tipos de rocha analisadas, além da ocorrência de minerais com elevados teores de elementos radioativos.

Gráfico 8.5 – Correlação dos valores médios de concentração (CR_{neq}) e fluxo de radônio (F) com os valores médios de porosidade e permeabilidade das amostras do Juparana Bordeaux.

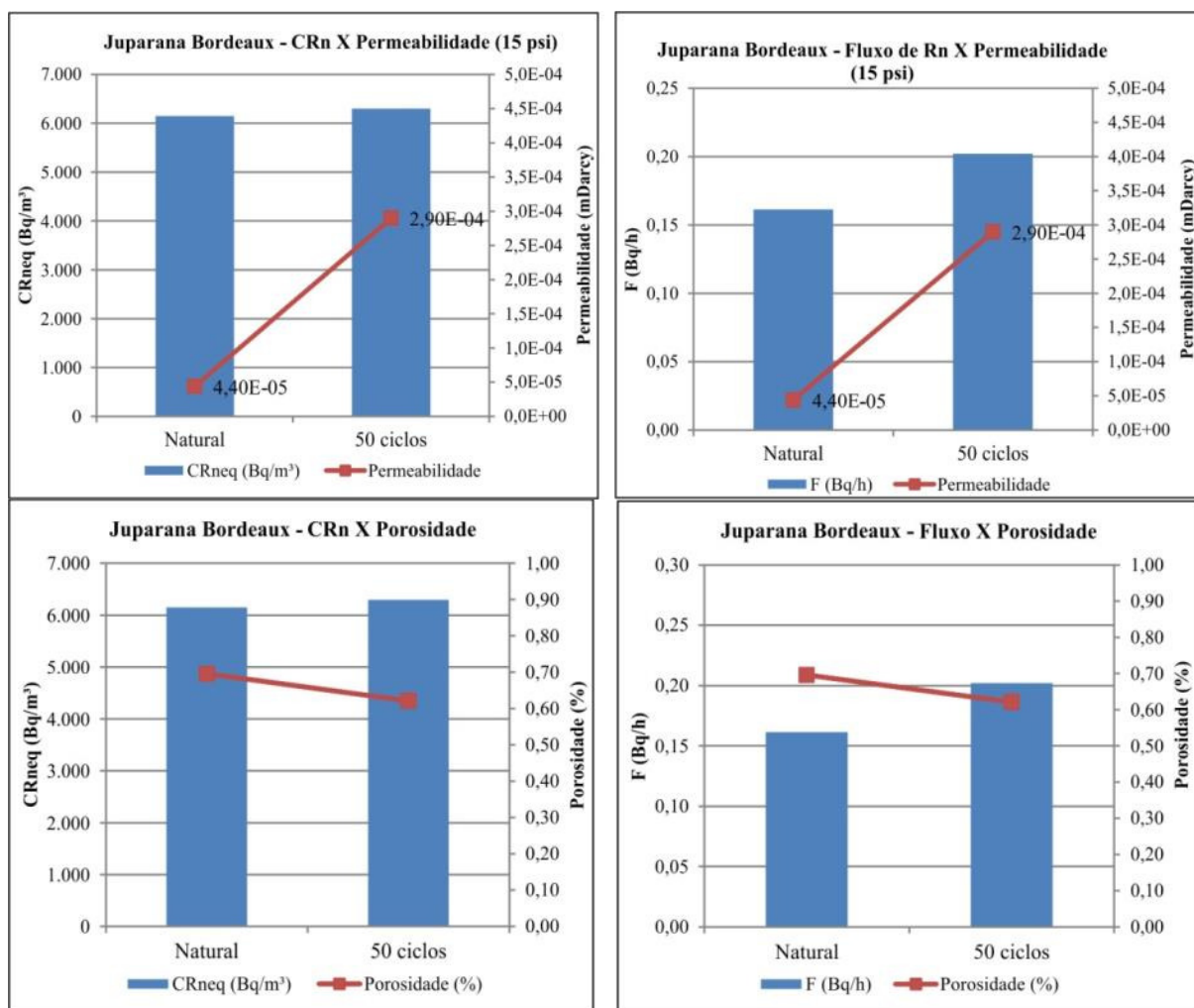
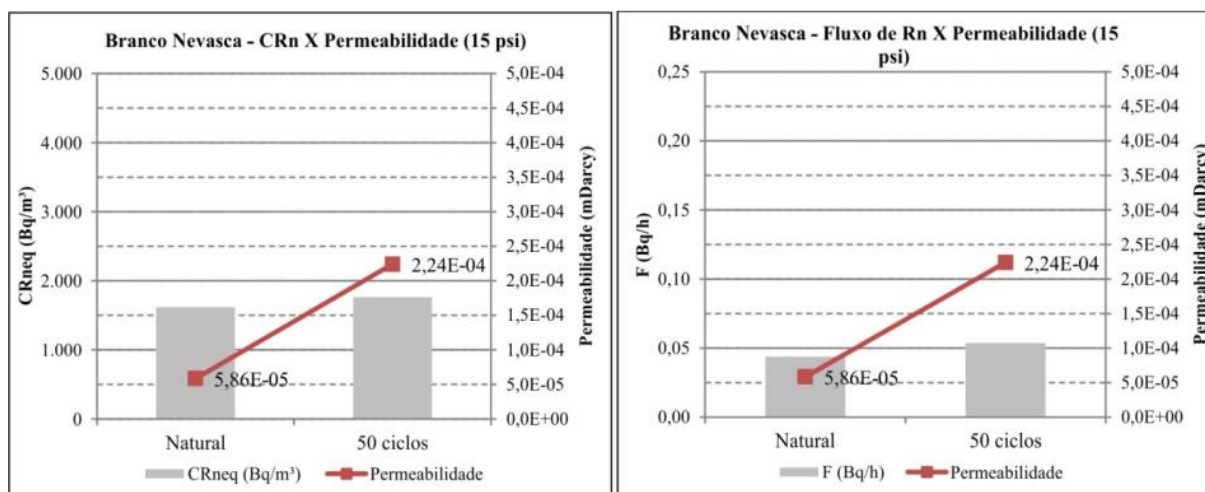


Gráfico 8.6 – Correlação dos valores médios de concentração (CR_{neq}) e fluxo de radônio (F) com os valores médios de porosidade e permeabilidade das amostras do Branco Nevasca.



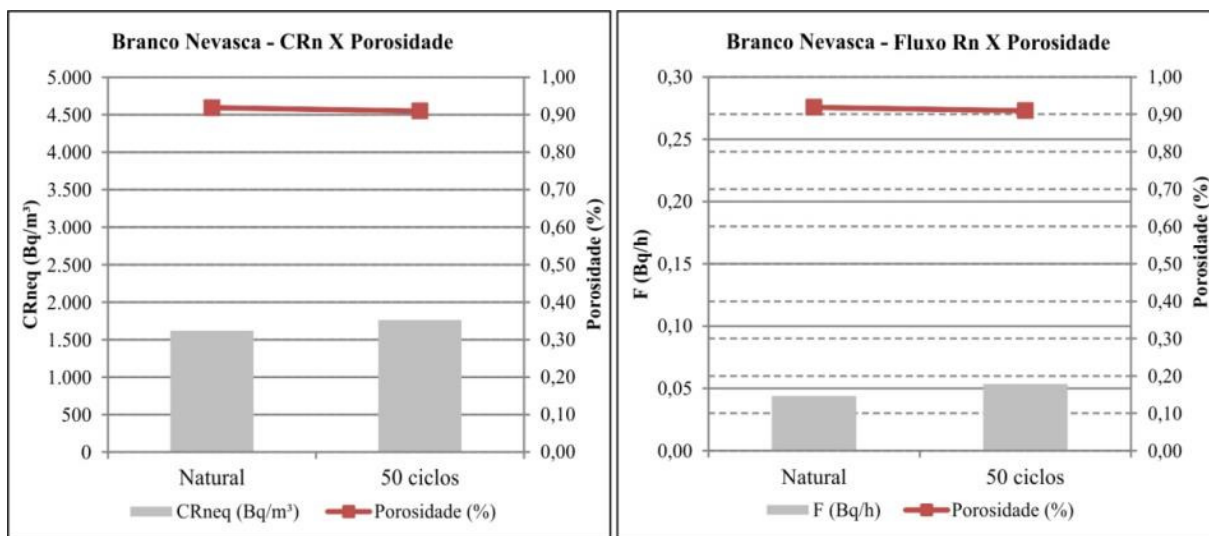
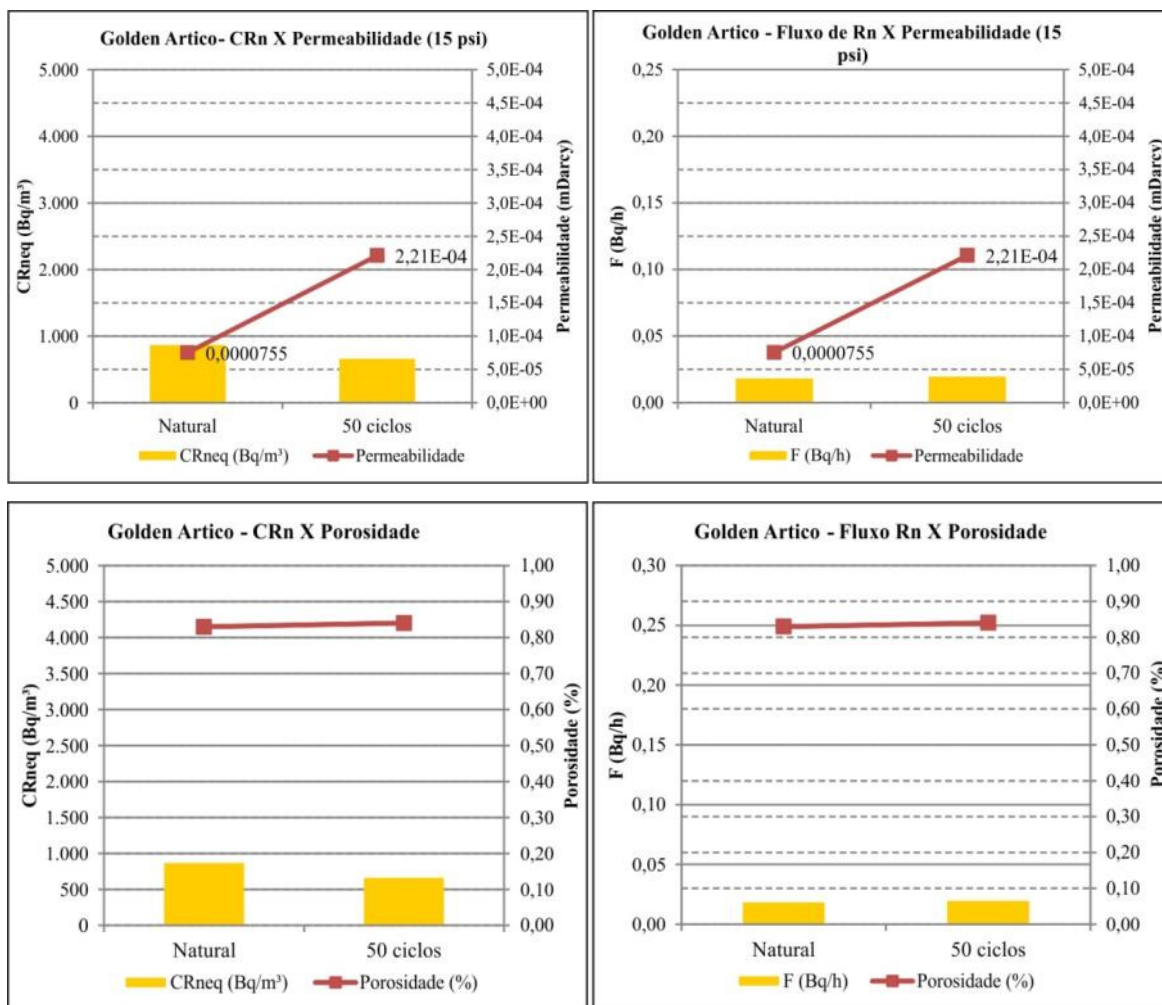


Gráfico 8.7 – Correlação dos valores médios de concentração (CR_{neq}) e fluxo de radônio (F) com os valores médios de porosidade e permeabilidade das amostras do Golden Nevasca.



Nas rochas estudadas, os parâmetros avaliados mostram as causas para uma alta taxa de exalação de radônio, relacionados a altos valores de permeabilidade, porosidade e microfissuras/mm² juntamente com elevada concentração de radionuclídeos nestas amostras. Pereira et al (1999) descreve que rochas que apresentam altos valores de radionuclídeos através da mobilização e redistribuição destes por processos pós-magmáticos ou associando-se a minerais de alteração e incluindo-se em materiais de preenchimento de microfissuras, e, em geral, quanto mais avançada é essa alteração, mais abundante é a concentração de radionuclídeos. O radônio como é produto de decaimento do rádio que está mobilizado nas alterações de minerais e em preenchimento de microfissuras, facilita a remoção e escape do gás para o ambiente externo.

9 CONCLUSÕES

Os parâmetros abordados mostraram que as rochas caracterizadas exibiram características de possuírem altas concentrações de elementos radioativos. A caracterização mineralógica mostrou que o Juparana Bordeaux apresenta textura inequigranular pegmatítica, composta de quartzo, plagioclásio, microclina, biotita, muscovita, opacos e os acessórios são alanita, apatita e zircão, juntamente com altos valores de microfissura/mm² e grau de alteração dos minerais entre ausente a incipiente. O Branco Nevasca mostrou textura equigranular e mineralogia composta de plagioclásio (albita), quartzo, muscovita, microclina, K-feldspato, granada e acessórios como sericita, apatita e opacos, com alto valor de microfissuras/mm² e grau de alteração de ausente a incipiente. O Golden Ártico apresenta textura granoblástica a lepidogranoblástica e mineralogia composta de quartzo, plagioclásio, K-feldspato, muscovita, biotita, granada e como acessória apatita, actinolita e opacos, altos valores de microfissuras/mm² e com grau de alteração entre ausente a incipiente.

Os resultados da análise de imagem e colorimetria mostraram que as rochas apresentaram mudanças sutis na cor, principalmente no clareamento das rochas, que mostraram maiores aumentos na primeira etapa de ciclos de envelhecimento acelerado (0-50 ciclos). Os resultados da análise de imagem baseados no histograma mostraram maiores variações em clareamento das cores, principalmente nas amostras do Branco Nevasca, que apresentam a cor branca. O Juparana Bordeaux e Golden Ártico mostraram leve clareamento nas cores mais claras, mas mais sutis que no Branco Nevasca.

Em relação à análise de imagem referente ao software ImageJ mostrou que apresenta boas características para ser utilizado em avaliar a simulação da variação de cores das rochas após simulações de ciclos de envelhecimento acelerado. No software, os resultados mostraram que as rochas apresentaram maiores variações nas cores com tons claros, principalmente os cinzas claros, que na maioria das amostras exibiu aumento no decorrer dos ciclos de envelhecimento acelerado, sendo maiores entre o estado natural e 50 ciclos de alteração.

A colorimetria mostrou que as rochas, em média, apresentaram pequenas mudanças nas cores nos campos analisados e baseados nos valores de ΔE , elas puderam ser classificadas pela tabela de percepção humana variando entre muito pequena a pequena no Juparana Bordeaux, de distinguível a facilmente distinguível para o Golden Ártico e o Branco Nevasca, sendo que estas amostras apresentaram maior alteração na primeira etapa de ciclos de alteração (0-50 ciclos), sendo mais visível nas amostras do Branco Nevasca.

A permeabilidade e porosidade mostraram que as rochas estudadas apresentam valores altos para ambos, podendo indicar facilidade de alteração dos minerais por agentes agressivos, aumentando a permeabilidade, porosidade e possibilidade de patologias nas rochas. As maiores variações em permeabilidade foram nas amostras do Juparana Bordeaux, principalmente do estado natural para 50 ciclos. As amostras do Branco Nevasca e Golden Ártico mostraram valores semelhantes de permeabilidade e aumento desta com o grau de alteração. A porosidade revelou que as amostras do Juparana e Branco Nevasca, em média, reduziram a porosidade da rocha e somente o Golden Ártico que apresentou aumento. Mas nessas rochas, a variação da porosidade foi menor que 0,1%, indicando pequena variação para afetar significativamente a redução da permeabilidade da rocha.

A concentração e fluxo do radônio abordados na tese, mostrou que as rochas apresentam valores acima dos sugeridos pelos órgãos reguladores norte-americanos e europeu. Os valores correlacionados com os dados de microfissuras, permeabilidade e porosidade mostraram que as rochas, além de apresentarem características que propiciam a alta concentração de radionuclídeos, dentre eles o radônio, exibe ainda parâmetros altos que facilitam a exalação deste gás e com a alteração destas rochas existe a possibilidade de aumento desta exalação.

No fim, baseado nas análises abordadas nesta tese, as rochas com altas concentrações de radionuclídeos podem apresentar aumento na capacidade de exalação de gás radônio com o aumento da alterabilidade das rochas provocadas por agentes agressivos, físicos e químicos.

REFERÊNCIAS

ABIROCHAS. Balanço das Exportações, Importações, Produção e Consumo Interno Brasileiro de Rochas Ornamentais em 2014, **Informe 01/2015**, 19p. 2015.

ABIROCHAS. Balanço das Exportações e Importações Brasileiras de Rochas Ornamentais de Janeiro A Outubro de 2015. **Informe 10/2015**, 8p. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15845-1**: Rochas para revestimento – Análise petrográfica. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15844**: Rochas para revestimento - Requisitos para granitos Rio de Janeiro, 2015.

AIRES-BARROS, L. **Alteração e alterabilidade de rochas**. Instituto Nacional de Investigação Científica, Lisboa: Universidade Técnica de Lisboa, 1991. 384p.

ALLEN, J. G., MINEGISHI, T., MYATT, T. A., STEWART, J. H., MCCARTHY, J. F., & MACINTOSH, D. L.. Assessing exposure to granite countertops—part 2: Radon. **Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology**, v. 20, n. 3, p 263-272, 2010.

ALLEN, J. G., ZWACK, L. M., MACINTOSH, D. L., MINEGISHI, T., STEWART, J. H., & MCCARTHY, J. F.. Predicted indoor radon concentrations from a Monte Carlo simulation of 1 000 000 granite countertop purchases. **Journal of Radiological Protection**, v. 33, n. 1, p 151-162. 2013.

ANJOS, R.M.; VEIGA, R.; SANTOS, A.M.A.; AGUIAR, J.G.; FRASCA, M.H.B.O.; BRAGE, J.A.P.; UZÊDA, D.; MANGIA, L.; FACURE, A.; MOSQUERA, B.; CARVALHO, C.. Natural radionuclide distribution in Brazilian commercial granites. **Radiation Measurements**; v. 39. p 245-253. 2005

BESSA-TORQUATO, M. de F. **Rochas Ornamentais do Nordeste de Ceará (Brasil). Propriedades Tecnológicas, Alteração e Alterabilidade dos Granitos Vermelho Filomena, Meruoca Clássico e Verde Ceará**. 2004. 274p. Tese (Doutorado em Geologia). Instituto Superior Técnico. Lisboa, 2004.

BONOTTO, D.M., 1996; **Comportamento Hidrogeoquímico do ^{222}Rn e Isótopos de ^{238}U e ^{234}U sob Condições Controladas em Laboratório e em Sistemas Naturais**. 223f. Tese (Livre Docência) – Instituto de Geociências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1996.

BOUTIN, F., LEROUX, L.. Color and weight evolution of limestones protected by water repellents after a three-year ageing period in urban conditions. **9th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone**, Elsevier, Venice, v. 2, 2000. p. 197-205.

COMMISSION INTERNATIONAL DE L'ECLAIRAGE (CIE): Recommendations on uniform color spaces, color difference equations, psychometric color terms, Supplement No. 2 to CIE publication No 15, Colorimetry, Bureau Central de la CIE, Paris, 1976.

CHEN, J., RAHMAN, N. M., & Atiya, I. A.. Radon exhalation from building materials for decorative use. **Journal of environmental radioactivity**, v. 101, n. 4, p. 317-322, 2010.

Commission recommendation on the protection of the public against indoor exposure to radon (90/143/Euroatom). Brussels, Commission of the European Communities, 1990 (http://ec.europa.eu/energy/nuclear/radioprotection/doc/legislation/90143_en.pdf, acessado em 04/04/2013).

DEUTSCHE INSTITUT für NORMUNG. **DIN 6174**. Farbmetrische Bestimmung von Farbabständen Bei Körperfarben nach der CIELAB-Formel. Berlim und Köln: Beuth Verlag, 1979.

DRAKE, L.C., & RITTER, H.L., Macropore-size distributions in some typical porous substances. **Ind. Eng. Chem. Anal. Ed**, 17, 787p. 1945.

DUBININ, M. M., The potential theory of absorption of gases and vapors for adsorbents with energetically nonuniform surfaces, **Chem. Rev.**, v. 60, p. 235-241. 1960.

Environmental Protection Agency (EPA). **Assessment of Risks from Radon in Homes**. Washington, DC: 2003.

EH&E. 2009. Assessing Exposue to Radon and Radiation from Granite Coutertops. Needham, MA: Environmental Hearlth & Engineering, Inc. Available. Online: <http://www.eheinc.com/documents/EH&E.GraniteCoutertops.UpdatedReport.pdf> . Acessado em 22/10/2014

FIGUEIREDO, P., FIGUEIREDO, C., AIRES-BARROS, L., & FLAMBÓ, A. 2004. Contribuição para o estudo cromático das rochas da capela do palácio da Bemposta. **PROELIUM – Revista da Academia Militar**, v. VI Série No. 1, p. 161-178. 2004.

FRASCÁ, M. H. B. de O.. **Estudos experimentais de alteração acelerada em rochas graníticas para revestimento**. 2003. 264 p. Tese (Doutorado em Geologia). Universidade de São Paulo. Instituto de Geociências. São Paulo. 2003.

FRASCÁ, M.H.B.O; YAMAMOTO, J. K.; Ageing tests for dimension stones – experimental studies of granitic rocks form Brazil. **The Geological Society of London**, paper 224, IAEG, 9p. 2006.

GREGG, S.J, & SING, K.S.W. Absorption, surface area and porosity. Academic press, N.Y. U.S.A., 1982.

LE MAITRE, R.W. A classification of igneous rocks and glossary of terms. **Blackwell Scientific Publication**. London. 193p. 1989.

LLOPE, W. J. (2011). Activity concentrations and dose rates from decorative granite countertops. *Journal of environmental radioactivity*, 102(6), 620-629.

MATA, V. L. G.. **Caracterização de meios porosos. Porosimetria, modelização 3D e tomografia seriada. Aplicação a suportes catalíticos**. 1998. Doutorado. Porto, FEUP, 1998.

MINOLTA, K; (2013). Entendendo o Espaço de Cor $L^*a^*b^*$. Online: <http://sensing.konicaminolta.com.br/2013/11/entendendo-o-espaco-de-cor-lab/>, acessado em 20/11/2014

MYATT, T. A., ALLEN, J. G., MINEGISHI, T., MCCARTHY, W. B., STEWART, J. H., MACINTOSH, D. L., & MCCARTHY, J. F. . Assessing exposure to granite countertops—part 1: **Radiation**. **Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology**, v. 20, n. 3, p. 273-280. 2010.

DOUGHERTY, G. Digital Image Processing for Medical Applications. **Cambridge University Press**. ISBN 978-0-521-86085-7. 2009.

ELICEIRI, K. W.; RUEDEN, C.. Tools for visualizing multidimensional images from living specimens. **Photochemistry and photobiology**, v. 81, n. 5, p. 1116-1122, 2005.

MAROCCHI, M, RIGHI, S., BARGOSS, G.M., GASPAROTTO, G.; Natural radionuclides content and radiological hazard of commercial ornamental stones: an integrated radiometric and mineralogical-petrographic study. **Radiat. Meas.**, v. 46, p. 538–545. 2011

NAVARRO, F.C. Granitos Ornamentais: análise petrográfica na previsão do comportamento físico-mecânico. In: Congresso Uruguaio de Geologia, 2, 1998, Punta Del Este. Atas... Punta del Este: SUG, 1998. p. 103-107.

PEREIRA, A.J.S.C; NEVES, L.J.P.F; GODINHO, M.M.; Suportes do Urânio no Granito das Beiras – Implicações para o potencial de emissão do radão. **II Congresso Iberico de Geoquímico – XI Semana de Geoquímica**, p 137-140, Lisboa, 1999.

RODRIGUES, E. DE P.; COUTINHO, J.M.V.; CHIODI FILHO, C. Petrografia microscópica: uma visão do passado, presente e futuro da rocha ornamental. **Rev. Rochas de Qualidade**, São Paulo, nº 127, p80-84. 1996.

RODRIGUES, E. de P.; CHIODI FILHO, C.; COUTINHO, J.M.V. Importância da petrografia para a previsão do comportamento e da durabilidade de rochas ornamentais. **Rev. Rochas e Equipamentos**, Lisboa, v.47, p2. 1997.

SILVA, R. A; PETTER, C. O., SCHNEIDER; Avaliação da perda da coloração artificial de ágatas. REM: **R. Esc. Minas, Ouro Preto**, v. 60, n. 3. p. 477-482, 2007.

WINKLER, H.G.F. Petrogenesis of metamorphic rocks. 4.ed. New York. **Springer** Verlag, 1976. 334p.

RITTER, H. L., DRAKE, D. L. Pore-size distribution in porous materials: **Ind. Eng. Chem., Analyt.** Ed, 17,782-791. 1945.

VIDAL, F.W. H, AZEVEDO, H. C. A., CASTRO, N. F.; **Tecnologia de rochas ornamentais: pesquisa lavra e beneficiamento**. CETEM/MCTI, Rio de Janeiro, ISBN 987-85-8261-005-3, 700p, 2013.

WASHBURN, E. W. Note on a method of determining the distribution of pore sizes in a porous material: **Proc. Nat.Acad. Sci. U.S.** 7, p. 115-116. 1921.

Porosimetria por Intrusão de Mercúrio

Colorimetria - Valores de ΔL, Δa e Δb em natural com 50 ciclos e 50 com 100 ciclos.
Juparana Bordeaux - B01

Natural

	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3	E1	E2	E3
L	41,96	48,30	51,00	47,47	47,92	48,05	41,49	36,86	46,08	42,92	40,78	43,12	46,34	41,32	42,89
a*	4,70	12,09	10,60	13,18	10,97	15,18	8,85	3,55	14,87	14,85	11,74	14,35	16,15	14,00	12,79
b*	7,11	14,96	16,30	15,53	13,72	16,68	4,95	3,09	13,82	13,11	10,80	13,36	16,08	12,30	12,24

Media ΔE

Média

Desvio
Padrão

44,43
11,86
12,27
3,784
3,709
4,150

50 ciclos

	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3	E1	E2	E3
L	43,79	48,92	51,49	48,09	48,72	49,57	42,42	36,44	46,51	43,83	41,93	45,52	46,96	42,24	43,71
a*	5,18	11,10	10,81	13,00	10,65	15,59	8,85	3,21	14,17	14,83	12,33	14,74	16,39	13,99	12,53
b*	8,15	14,72	16,51	15,77	14,11	17,95	5,04	3,19	12,71	13,72	11,56	14,42	16,78	12,32	12,41

Média
Placa

Média

Desvio
Padrão

45,34
11,82
12,62
3,853
3,732
4,221

ΔL	1,83	0,62	0,49	0,62	0,80	1,52	0,93	-0,42	0,43	0,91	1,15	2,40	0,62	0,92	0,82
Δa	0,48	-0,99	0,21	-0,18	-0,32	0,41	0,00	-0,34	-0,70	-0,02	0,59	0,39	0,24	-0,01	-0,26
Δb	1,04	-0,24	0,21	0,24	0,39	1,27	0,09	0,10	-1,11	0,61	0,76	1,06	0,70	0,02	0,17
ΔE	2,16	1,19	0,57	0,69	0,95	2,02	0,93	0,55	1,38	1,10	1,50	2,65	0,97	0,92	0,88

0,91

-0,03

0,35

1,23

0,91

-0,03

0,35

1,23

0,652

0,445

0,596

0,614

100 ciclos

	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3	E1	E2	E3
L	45,52	49,18	51,58	48,04	48,37	48,68	41,88	36,50	46,78	43,61	41,36	44,33	46,85	42,82	43,57
a*	6,53	11,95	10,66	13,13	11,03	15,50	8,88	3,63	14,99	14,95	11,74	14,42	16,18	14,32	12,77
b*	9,41	14,76	16,58	15,50	13,88	17,48	5,12	3,57	13,86	13,52	10,78	13,59	16,04	13,04	12,39

Média
Placa

Média

Desvio
Padrão

45,27
12,05
12,63
3,827
3,515
3,971

ΔL	1,73	0,26	0,09	-0,05	-0,35	-0,89	-0,54	0,06	0,27	-0,22	-0,57	-1,19	-0,11	0,58	-0,14
Δa	1,35	0,85	-0,15	0,13	0,38	-0,09	0,03	0,42	0,82	0,12	-0,59	-0,32	-0,21	0,33	0,24
Δb	1,26	0,04	0,07	-0,27	-0,23	-0,47	0,08	0,38	1,15	-0,20	-0,78	-0,83	-0,74	0,72	-0,02
ΔE	2,53	0,89	0,19	0,30	0,57	1,01	0,55	0,57	1,44	0,32	1,13	1,49	0,78	0,98	0,28

-0,07

0,22

0,01

0,87

-0,07

0,22

0,01

0,87

0,678

0,502

0,645

0,615

Colorimetria - Valores de ΔL, Δa e Δb em natural com 50 ciclos e 50 com 100 ciclos.

Juparana Bordeaux - B02

Natural

	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3	E1	E2	E3
L	50,38	44,72	54,06	44,21	52,92	39,82	48,38	48,15	53,28	47,90	49,18	47,41	52,46	48,11	51,49
a*	14,18	10,74	11,82	6,20	12,13	4,19	10,46	9,48	12,32	11,80	14,29	9,63	8,50	10,44	12,20
b*	15,67	11,73	16,77	9,17	15,45	4,85	12,57	12,52	16,90	14,67	15,42	10,08	13,91	13,71	15,85

Media ΔE

Média

Desvio
Padrão

48,83

3,874

10,56

2,730

13,28

3,285

50 Ciclos

	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3	E1	E2	E3
L	50,63	47,77	54,73	46,80	49,21	41,52	49,01	49,33	54,27	50,33	50,25	49,67	54,21	48,62	53,39
a*	12,73	10,29	12,25	7,38	9,16	5,05	10,66	8,91	11,62	11,81	13,87	10,41	8,46	11,04	11,97
b*	14,71	12,59	16,85	10,49	13,10	5,92	12,36	12,22	16,55	14,31	15,15	12,19	15,27	13,47	15,04

Média

Desvio
Padrão

49,98

3,397

10,37

2,277

13,35

2,708

ΔL

0,25

3,05

0,67

2,59

-3,71

1,70

0,63

1,18

0,99

2,43

1,07

2,26

1,75

0,51

1,90

1,15

1,15

1,585

Δa

-1,45

-0,45

0,43

1,18

-2,97

0,86

0,20

-0,57

-0,70

0,01

-0,42

0,78

-0,04

0,60

-0,23

-0,18

-0,18

1,035

Δb

-0,96

0,86

0,08

1,32

-2,35

1,07

-0,21

-0,30

-0,35

-0,36

-0,27

2,11

1,36

-0,24

-0,81

0,06

0,06

1,118

ΔE

1,76

3,20

0,80

3,14

5,30

2,19

0,69

1,34

1,26

2,46

1,18

3,19

2,22

0,82

2,08

2,11

2,11

1,236

100 Ciclos

	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3	E1	E2	E3
L	50,57	46,52	55,27	45,21	50,15	40,78	48,42	48,36	54,18	48,76	50,16	49,99	53,80	49,18	53,28
a*	13,28	10,54	11,85	7,17	10,44	5,11	11,03	9,14	12,02	11,04	14,07	10,12	8,21	10,83	12,11
b*	14,94	12,17	16,45	10,64	14,90	5,82	13,39	12,85	16,88	13,51	15,59	11,86	14,32	13,75	15,24

Média

Desvio
Padrão

49,64

3,745

10,46

2,318

13,49

2,730

ΔL

-0,06

-1,25

0,54

-1,59

0,94

-0,74

-0,59

-0,97

-0,09

-1,57

-0,09

0,32

-0,41

0,56

-0,11

-0,34

-0,34

0,777

Δa

0,55

0,25

-0,40

-0,21

1,28

0,06

0,37

0,23

0,40

-0,77

0,20

-0,29

-0,25

-0,21

0,14

0,09

0,09

0,484

Δb

0,23

-0,42

-0,40

0,15

1,80

-0,10

1,03

0,63

0,33

-0,80

0,44

-0,33

-0,95

0,28

0,20

0,14

0,14

0,702

ΔE

0,60

1,34

0,78

1,61

2,40

0,75

1,24

1,18

0,53

1,92

0,49

0,54

1,06

0,66

0,27

1,03

1,03

0,598

Colorimetria - Valores de ΔL, Δa e Δb em natural com 50 ciclos e 50 com 100 ciclos.
Juparana Bordeaux - B03

Natural

	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3	E1	E2	E3
L	52,96	52,75	42,45	48,77	50,49	52,73	41,72	41,15	48,75	48,18	43,09	46,11	48,73	43,74	44,21
a*	12,15	11,68	5,49	6,86	12,58	11,48	9,65	8,87	9,27	10,82	7,66	11,33	11,62	9,60	9,92
b*	16,09	16,47	7,98	9,35	16,51	16,08	12,01	7,22	14,03	12,86	6,61	10,09	13,51	7,69	7,41

Media ΔE

Média

Desvio
Padrão

47,06
9,93
11,59
4,153
2,054
3,749

50 Ciclos

	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3	E1	E2	E3
L	53,68	53,50	43,89	49,39	51,05	53,61	42,56	43,52	49,31	48,22	43,51	45,33	48,62	44,72	44,95
a*	11,76	11,54	5,00	6,85	12,53	11,27	9,71	8,79	9,40	10,94	7,39	11,58	11,74	9,49	10,16
b*	15,66	16,96	9,63	9,32	16,88	16,46	12,67	7,50	14,68	13,48	6,57	10,51	13,89	7,77	8,06

Média

Desvio
Padrão

47,72
9,88
12,00
3,965
2,131
3,715

ΔL	0,72	0,75	1,44	0,62	0,56	0,88	0,84	2,37	0,56	0,04	0,42	-0,78	-0,11	0,98	0,74
Δa	-0,39	-0,14	-0,49	-0,01	-0,05	-0,21	0,06	-0,08	0,13	0,12	-0,27	0,25	0,12	-0,11	0,24
Δb	-0,43	0,49	1,65	-0,03	0,37	0,38	0,66	0,28	0,65	0,62	-0,04	0,42	0,38	0,08	0,65
ΔE	0,92	0,91	2,24	0,62	0,67	0,98	1,07	2,39	0,87	0,63	0,50	0,92	0,41	0,99	1,01

0,67

-0,06

0,41

1,01

0,67

-0,06

0,41

1,01

0,700

0,219

0,463

0,567

100 Ciclos

	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3	E1	E2	E3
L	53,66	53,55	43,89	49,84	50,86	53,66	42,34	43,07	49,33	48,06	43,32	44,61	48,39	44,09	45,30
a*	11,87	11,79	5,17	6,78	12,77	11,43	9,63	9,00	9,57	11,14	7,51	11,34	11,79	9,53	10,55
b*	15,74	17,22	8,79	9,79	17,28	16,64	12,04	8,29	14,98	13,70	7,01	10,09	14,30	7,88	8,45

Média

Desvio
Padrão

47,60
9,99
12,15
4,098
2,146
3,727

ΔL	-0,02	0,05	0,00	0,45	-0,19	0,05	-0,22	-0,45	0,02	-0,16	-0,19	-0,72	-0,23	-0,63	0,35
Δa	0,11	0,25	0,17	-0,07	0,24	0,16	-0,08	0,21	0,17	0,20	0,12	-0,24	0,05	0,04	0,39
Δb	0,08	0,26	-0,84	0,47	0,40	0,18	-0,63	0,79	0,30	0,22	0,44	-0,42	0,41	0,11	0,39
ΔE	0,14	0,36	0,86	0,65	0,50	0,25	0,67	0,93	0,35	0,34	0,49	0,87	0,47	0,64	0,65

-0,13

0,11

0,14

0,55

-0,13

0,11

0,14

0,55

0,317

0,156

0,443

0,236

Colorimetria - Valores de ΔL, Δa e Δb em natural com 50 ciclos e 50 com 100 ciclos.
Juparana Bordeaux - B04

Natural

	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3	E1	E2	E3
L	47,99	45,01	46,62	49,35	45,72	40,65	53,78	50,54	47,73	44,31	55,34	45,91	45,16	47,00	50,08
a*	11,38	10,77	10,38	11,35	11,97	8,56	11,66	11,58	7,64	8,76	10,95	11,87	12,12	11,04	12,49
b*	13,26	11,82	11,21	9,20	12,16	7,44	14,77	12,63	11,46	13,12	15,95	12,31	12,17	12,84	14,71

Media ΔE

Média

Desvio
Padrão

47,68

10,83

12,34

3,737

1,427

2,115

50 Ciclos

	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3	E1	E2	E3
L	49,06	45,71	47,46	50,15	45,90	40,75	53,93	50,24	46,11	45,51	56,68	46,57	45,41	47,26	51,07
a*	11,38	10,75	10,56	11,73	11,96	8,37	11,01	10,28	7,47	8,26	10,80	12,18	12,77	10,70	11,72
b*	13,83	11,95	11,52	9,84	12,16	7,35	14,15	11,70	10,40	11,74	16,71	12,55	12,25	12,27	14,57

Média

Desvio
Padrão

48,12

10,66

12,20

3,892

1,529

2,169

ΔL 1,07 0,70 0,84 0,80 0,18 0,10 0,15 -0,30 -1,62 1,20 1,34 0,66 0,25 0,26 0,99

0,44

0,44

0,738

Δa 0,00 -0,02 0,18 0,38 -0,01 -0,19 -0,65 -1,30 -0,17 -0,50 -0,15 0,31 0,65 -0,34 -0,77

-0,17

-0,17

0,494

Δb 0,57 0,13 0,31 0,64 0,00 -0,09 -0,62 -0,93 -1,06 -1,38 0,76 0,24 0,08 -0,57 -0,14

-0,14

-0,14

0,646

ΔE 1,21 0,71 0,91 1,09 0,18 0,23 0,91 1,63 1,94 1,90 1,55 0,77 0,70 0,71 1,26

1,05

1,05

0,538

100 Ciclos

	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3	E1	E2	E3
L	49,09	45,61	47,18	50,85	46,35	41,06	54,58	50,90	49,68	46,23	56,11	46,17	45,57	47,66	50,78
a*	11,48	10,28	10,38	11,33	11,98	9,06	11,64	10,90	7,45	8,58	10,61	11,83	12,24	10,92	12,45
b*	13,69	12,12	11,43	9,38	12,50	8,43	15,15	12,31	12,14	13,01	16,22	12,68	12,66	12,47	14,77

Média

Desvio
Padrão

48,52

10,74

12,60

3,808

1,423

1,989

ΔL 0,03 -0,10 -0,28 0,70 0,45 0,31 0,65 0,66 3,57 0,72 -0,57 -0,40 0,16 0,40 -0,29

0,40

0,40

0,976

Δa 0,10 -0,47 -0,18 -0,40 0,02 0,69 0,63 0,62 -0,02 0,32 -0,19 -0,35 -0,53 0,22 0,73

0,08

0,08

0,440

Δb -0,14 0,17 -0,09 -0,46 0,34 1,08 1,00 0,61 1,74 1,27 -0,49 0,13 0,41 0,20 0,20

0,40

0,40

0,638

ΔE 0,17 0,51 0,34 0,93 0,56 1,32 1,35 1,09 3,97 1,49 0,78 0,55 0,69 0,50 0,81

1,00

1,00

0,906

Colorimetria - Valores de ΔL, Δa e Δb em natural com 50 ciclos e 50 com 100 ciclos.
Juparana Bordeaux - B05

Natural

	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3	E1	E2	E3	Media ΔE	Média	Desvio Padrão
L	50,64	50,98	54,17	53,98	52,24	50,69	47,64	53,42	48,59	51,12	54,36	47,92	51,65	47,73	43,79		50,59	2,989
a*	12,66	12,35	8,99	12,97	11,81	8,17	13,26	15,46	10,02	13,09	11,71	10,67	13,98	11,18	11,86		11,88	1,893
b*	17,07	16,35	14,70	18,02	16,31	13,63	14,80	16,66	14,00	16,23	18,19	10,42	16,48	13,71	11,64		15,21	2,233

50 Ciclos

	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3	E1	E2	E3		Média	Desvio Padrão
L	52,15	51,80	54,67	56,32	53,03	51,53	47,65	53,90	49,17	52,00	54,12	49,62	52,60	46,75	44,75		51,34	3,182
a*	12,72	12,86	8,50	12,78	11,94	8,04	11,68	14,24	10,12	12,42	11,79	11,06	13,73	7,80	10,82		11,37	1,992
b*	17,04	16,84	14,32	18,48	16,79	13,36	12,10	14,98	13,85	16,29	17,68	12,05	16,32	10,78	11,64		14,83	2,445
ΔL	1,51	0,82	0,50	2,34	0,79	0,84	0,01	0,48	0,58	0,88	-0,24	1,70	0,95	-0,98	0,96	0,74	0,74	0,793
Δa	0,06	0,51	-0,49	-0,19	0,13	-0,13	-1,58	-1,22	0,10	-0,67	0,08	0,39	-0,25	-3,38	-1,04	-0,51	-0,51	0,993
Δb	-0,03	0,49	-0,38	0,46	0,48	-0,27	-2,70	-1,68	-0,15	0,06	-0,51	1,63	-0,16	-2,93	0,00	-0,38	-0,38	1,207
ΔE	1,51	1,08	0,80	2,39	0,93	0,89	3,13	2,13	0,61	1,11	0,57	2,39	1,00	4,58	1,42	1,64	1,64	1,111

100 Ciclos

	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3	E1	E2	E3		Média	Desvio Padrão
L	51,97	51,97	54,11	55,89	52,74	51,48	47,30	53,56	49,46	52,33	55,29	49,23	52,48	46,91	44,32		51,27	3,241
a*	13,03	13,10	8,63	12,76	11,97	8,60	12,44	14,83	10,15	12,59	11,74	10,91	13,69	7,92	10,97		11,56	2,011
b*	17,56	17,37	14,70	18,70	17,20	14,64	13,44	16,33	14,14	16,56	18,33	11,52	16,39	10,99	11,69		15,30	2,522
ΔL	-0,18	0,17	-0,56	-0,43	-0,29	-0,05	-0,35	-0,34	0,29	0,33	1,17	-0,39	-0,12	0,16	-0,43	-0,07	-0,07	0,444
Δa	0,31	0,24	0,13	-0,02	0,03	0,56	0,76	0,59	0,03	0,17	-0,05	-0,15	-0,04	0,12	0,15	0,19	0,19	0,263
Δb	0,52	0,53	0,38	0,22	0,41	1,28	1,34	1,35	0,29	0,27	0,65	-0,53	0,07	0,21	0,05	0,47	0,47	0,519
ΔE	0,63	0,61	0,69	0,48	0,50	1,40	1,58	1,51	0,41	0,46	1,34	0,67	0,14	0,29	0,46	0,75	0,75	0,469

Colorimetria - Valores de ΔL, Δa e Δb em natural com 50 ciclos e 50 com 100 ciclos.

Juparana Bordeaux - B06

Natural

	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3	E1	E2	E3
L	49,31	53,37	45,48	48,69	49,61	47,98	45,95	51,12	46,80	53,72	48,41	52,49	51,89	55,00	51,77
a*	10,72	13,12	11,65	14,37	9,73	10,56	11,54	12,88	13,26	12,54	12,08	12,27	13,14	12,92	12,01
b*	13,45	18,90	14,13	15,30	13,49	12,94	12,01	16,65	13,14	17,66	14,62	17,11	17,78	18,80	17,87

Media ΔE

Média

Desvio
Padrão

50,11
12,19
15,59
2,930
1,208
2,345

50 Ciclos

	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3	E1	E2	E3
L	51,45	54,47	46,76	49,40	50,84	50,44	47,01	51,12	49,09	53,26	50,01	53,27	52,88	56,23	51,87
a*	11,11	12,98	11,62	14,53	10,07	11,83	10,82	13,45	13,61	11,99	13,71	11,90	12,77	12,71	11,81
b*	14,05	19,12	13,64	15,68	13,91	14,58	11,03	16,22	13,99	16,94	15,78	17,00	17,73	18,76	17,47

Média

Desvio
Padrão

51,21
12,33
15,73
2,604
1,213
2,203

ΔL	2,14	1,10	1,28	0,71	1,23	2,46	1,06	0,00	2,29	-0,46	1,60	0,78	0,99	1,23	0,10
Δa	0,39	-0,14	-0,03	0,16	0,34	1,27	-0,72	0,57	0,35	-0,55	1,63	-0,37	-0,37	-0,21	-0,20
Δb	0,60	0,22	-0,49	0,38	0,42	1,64	-0,98	-0,43	0,85	-0,72	1,16	-0,11	-0,05	-0,04	-0,40
ΔE	2,26	1,13	1,37	0,82	1,34	3,22	1,61	0,71	2,47	1,02	2,56	0,87	1,06	1,25	0,46

1,10

0,14

0,14

1,48

1,10

0,14

0,14

1,48

0,827

0,650

0,721

0,794

100 Ciclos

	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3	E1	E2	E3
L	52,17	54,14	47,64	48,61	51,40	50,17	47,70	51,59	49,24	53,34	50,05	52,85	52,28	56,62	51,45
a*	11,49	13,07	12,56	14,89	10,47	12,07	12,11	13,82	14,34	12,05	13,55	12,13	12,99	13,05	11,95
b*	14,56	19,25	15,06	15,81	14,49	15,20	12,94	16,36	15,31	17,02	15,87	17,76	17,39	19,39	17,44

Média

Desvio
Padrão

51,28
12,70
16,26
2,470
1,144
1,795

ΔL	0,72	-0,33	0,88	-0,79	0,56	-0,27	0,69	0,47	0,15	0,08	0,04	-0,42	-0,60	0,39	-0,42
Δa	0,38	0,09	0,94	0,36	0,40	0,24	1,29	0,37	0,73	0,06	-0,16	0,23	0,22	0,34	0,14
Δb	0,51	0,13	1,42	0,13	0,58	0,62	1,91	0,14	1,32	0,08	0,09	0,76	-0,34	0,63	-0,03
ΔE	0,96	0,37	1,92	0,88	0,90	0,72	2,41	0,61	1,52	0,13	0,19	0,90	0,72	0,82	0,44

0,08

0,38

0,53

0,90

0,08

0,38

0,53

0,90

0,529

0,365

0,617

0,623

Colorimetria - Valores de ΔL, Δa e Δb em natural com 50 ciclos e 50 com 100 ciclos.

Golden Artico - G01

Natural

	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3	E1	E2	E3
L	53,24	54,76	65,13	60,38	47,32	72,79	48,05	62,24	57,97	68,21	52,98	60,99	65,18	47,39	51,36
a*	5,29	4,77	5,51	4,00	4,93	1,79	3,17	6,22	4,66	6,86	4,56	4,70	4,78	1,88	6,04
b*	16,56	15,39	22,48	16,66	14,81	14,39	12,67	20,09	17,12	23,44	17,07	17,00	16,51	9,41	17,12

Media ΔE

Média

Desvio
Padrão

57,87

7,954

4,61

1,439

16,71

3,495

50 Ciclos

	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3	E1	E2	E3
L	52,56	57,83	62,99	60,63	45,63	72,58	45,46	63,15	61,90	65,73	52,49	62,56	66,80	49,86	45,54
a*	5,19	5,35	5,42	5,47	4,22	1,36	2,35	6,84	4,95	6,23	3,88	5,39	5,37	1,80	4,89
b*	15,69	18,83	21,56	20,27	12,60	13,79	9,98	22,29	18,75	21,19	15,61	18,69	18,81	10,57	12,62

Média

Desvio
Padrão

57,71

8,597

4,58

1,592

16,75

4,069

ΔL -0,68 3,07 -2,14 0,25 -1,69 -0,21 -2,59 0,91 3,93 -2,48 -0,49 1,57 1,62 2,47 -5,82

-0,15

-0,15

2,557

Δa -0,10 0,58 -0,09 1,47 -0,71 -0,43 -0,82 0,62 0,29 -0,63 -0,68 0,69 0,59 -0,08 -1,15

-0,03

-0,03

0,724

Δb -0,87 3,44 -0,92 3,61 -2,21 -0,60 -2,69 2,20 1,63 -2,25 -1,46 1,69 2,30 1,16 -4,50

0,04

0,04

2,440

ΔE 1,11 4,65 2,33 3,91 2,87 0,77 3,82 2,46 4,26 3,41 1,68 2,41 2,87 2,73 7,45

3,12

3,12

1,626

100 Ciclos

	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3	E1	E2	E3
L	53,31	56,29	61,46	60,75	46,41	72,71	45,74	62,84	62,36	65,19	52,45	60,18	66,49	49,21	46,27
a*	5,02	4,62	5,74	4,89	4,20	1,17	2,40	6,97	5,13	6,13	3,86	5,63	4,74	1,63	4,69
b*	16,10	16,18	22,10	18,91	13,17	13,71	10,34	22,16	19,29	21,09	16,21	18,38	17,26	10,10	12,92

Média

Desvio
Padrão

57,44

8,270

4,45

1,619

16,53

3,901

ΔL 0,75 -1,54 -1,53 0,12 0,78 0,13 0,28 -0,31 0,46 -0,54 -0,04 -2,38 -0,31 -0,65 0,73

-0,27

-0,27

0,934

Δa -0,17 -0,73 0,32 -0,58 -0,02 -0,19 0,05 0,13 0,18 -0,10 -0,02 0,24 -0,63 -0,17 -0,20

-0,13

-0,13

0,314

Δb 0,41 -2,65 0,54 -1,36 0,57 -0,08 0,36 -0,13 0,54 -0,10 0,60 -0,31 -1,55 -0,47 0,30

-0,22

-0,22

0,946

ΔE 0,87 3,15 1,65 1,48 0,97 0,24 0,46 0,36 0,73 0,56 0,60 2,41 1,70 0,82 0,81

1,12

1,12

0,817

Colorimetria - Valores de ΔL, Δa e Δb em natural com 50 ciclos e 50 com 100 ciclos.
Golden Artico - G02

Natural

	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3	E1	E2	E3
L	47,87	79,77	74,78	77,76	69,42	72,49	72,37	59,06	75,16	68,26	63,76	66,53	68,80	69,37	79,77
a*	1,88	1,14	0,13	0,01	3,86	2,02	2,23	1,66	-0,37	4,12	6,93	4,35	3,85	-0,27	0,09
b*	6,59	11,87	8,58	11,25	19,49	16,67	13,80	13,19	7,04	17,43	23,14	17,05	19,83	4,90	8,95

Media ΔE

Média

Desvio
Padrão

69,68

2,11

13,32

8,351

2,135

5,495

50 Ciclos

	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3	E1	E2	E3
L	51,38	79,65	76,39	79,98	69,79	72,77	74,59	65,69	77,02	68,02	63,39	67,32	70,69	71,77	80,09
a*	1,96	0,93	0,05	-0,27	4,31	2,13	2,95	2,09	-0,56	4,65	7,31	4,32	3,50	-0,26	0,05
b*	9,15	11,41	10,34	9,70	19,60	16,70	13,90	14,19	6,77	17,64	23,09	16,92	19,36	4,37	8,77

Média

Desvio
Padrão

71,24

2,21

13,46

7,626

2,299

5,358

ΔL	3,51	-0,12	1,61	2,22	0,37	0,28	2,22	6,63	1,86	-0,24	-0,37	0,79	1,89	2,40	0,32
Δa	0,08	-0,21	-0,08	-0,28	0,45	0,11	0,72	0,43	-0,19	0,53	0,38	-0,03	-0,35	0,01	-0,04
Δb	2,56	-0,46	1,76	-1,55	0,11	0,03	0,10	1,00	-0,27	0,21	-0,05	-0,13	-0,47	-0,53	-0,18
ΔE	4,35	0,52	2,39	2,72	0,59	0,30	2,34	6,72	1,89	0,62	0,53	0,80	1,98	2,46	0,37

1,56

1,56

1,818

0,10

0,10

0,326

0,14

0,14

0,988

1,90

1,90

1,770

100 Ciclos

	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3	E1	E2	E3
L	52,86	79,70	76,09	79,85	68,37	71,70	76,31	67,85	77,77	68,51	59,73	67,74	73,47	72,34	81,03
a*	2,20	0,70	-0,20	-0,44	4,60	2,34	2,78	2,16	-0,64	4,38	7,89	3,88	3,04	-0,45	-0,07
b*	10,64	11,55	10,34	9,65	20,61	16,66	12,83	14,68	7,56	17,72	22,78	16,68	19,22	4,97	8,57

Média

Desvio
Padrão

71,55

2,14

13,63

7,783

2,419

5,196

ΔL	1,48	0,05	-0,30	-0,13	-1,42	-1,07	1,72	2,16	0,75	0,49	-3,66	0,42	2,78	0,57	0,94
Δa	0,24	-0,23	-0,25	-0,17	0,29	0,21	-0,17	0,07	-0,08	-0,27	0,58	-0,44	-0,46	-0,19	-0,12
Δb	1,49	0,14	0,00	-0,05	1,01	-0,04	-1,07	0,49	0,79	0,08	-0,31	-0,24	-0,14	0,60	-0,20
ΔE	2,11	0,27	0,39	0,22	1,77	1,09	2,03	2,22	1,09	0,57	3,72	0,65	2,82	0,85	0,97

0,32

0,32

1,578

-0,07

-0,07

0,289

0,17

0,17

0,622

1,38

1,38

1,025

Colorimetria - Valores de ΔL, Δa e Δb em natural com 50 ciclos e 50 com 100 ciclos.
Golden Ártico - G03

Natural

	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3	E1	E2	E3
L	47,85	73,67	62,18	46,04	42,72	48,64	73,07	61,17	59,59	69,68	51,34	61,36	47,61	63,92	63,72
a*	4,53	1,19	5,16	4,75	1,68	4,99	1,38	0,31	4,38	3,04	3,40	6,40	2,33	2,92	4,92
b*	11,28	11,30	18,59	13,24	5,20	14,55	12,17	7,79	17,90	18,69	12,56	21,42	10,46	14,74	20,10

Media ΔE

Média

Desvio
Padrão

58,17

3,43

14,00

10,132

1,772

4,634

50 Ciclos

	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3	E1	E2	E3
L	47,65	75,67	62,81	46,53	43,16	49,36	74,37	63,94	59,75	70,59	51,99	63,86	49,57	64,77	63,64
a*	4,56	1,02	4,92	4,59	1,34	4,50	1,35	0,22	4,52	2,90	3,35	6,34	1,84	3,03	4,93
b*	10,61	11,05	18,37	12,83	4,94	14,33	11,74	7,54	18,21	18,23	12,69	22,13	10,00	15,11	20,08

Média

Desvio
Padrão

59,18

3,29

13,86

ΔL -0,20 2,00 0,63 0,49 0,44 0,72 1,30 2,77 0,16 0,91 0,65 2,50 1,96 0,85 -0,08

1,01

1,01

0,912

Δa 0,03 -0,17 -0,24 -0,16 -0,34 -0,49 -0,03 -0,09 0,14 -0,14 -0,05 -0,06 -0,49 0,11 0,01

-0,13

-0,13

0,192

Δb -0,67 -0,25 -0,22 -0,41 -0,26 -0,22 -0,43 -0,25 0,31 -0,46 0,13 0,71 -0,46 0,37 -0,02

-0,14

-0,14

0,375

ΔE 0,70 2,02 0,71 0,66 0,61 0,90 1,37 2,78 0,38 1,03 0,66 2,60 2,07 0,93 0,08

1,17

1,17

0,821

100 Ciclos

	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3	E1	E2	E3
L	47,48	74,87	62,84	46,24	43,13	49,91	75,14	66,74	60,11	70,91	52,49	62,68	50,09	63,91	63,40
a*	4,33	1,31	4,62	4,56	1,29	4,31	1,21	0,25	4,15	2,62	3,14	6,34	1,51	2,87	4,91
b*	10,31	12,37	18,39	12,59	4,99	14,16	11,61	7,34	17,40	18,26	12,46	21,55	9,87	15,05	19,96

Média

Desvio
Padrão

59,33

3,16

13,75

ΔL -0,17 -0,80 0,03 -0,29 -0,03 0,55 0,77 2,80 0,36 0,32 0,50 -1,18 0,52 -0,86 -0,24

0,15

0,15

0,929

Δa -0,23 0,29 -0,30 -0,03 -0,05 -0,19 -0,14 0,03 -0,37 -0,28 -0,21 0,00 -0,33 -0,16 -0,02

-0,13

-0,13

0,173

Δb -0,30 1,32 0,02 -0,24 0,05 -0,17 -0,13 -0,20 -0,81 0,03 -0,23 -0,58 -0,13 -0,06 -0,12

-0,10

-0,10

0,455

ΔE 0,41 1,57 0,30 0,38 0,08 0,61 0,79 2,81 0,96 0,43 0,59 1,31 0,63 0,88 0,27

0,80

0,80

0,684

Colorimetria - Valores de ΔL, Δa e Δb em natural com 50 ciclos e 50 com 100 ciclos.
Golden Ártico - G04

Natural

	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3	E1	E2	E3
L	69,23	62,59	69,78	43,76	69,84	67,26	74,23	74,30	73,56	68,29	50,50	57,84	79,36	68,51	63,04
a*	1,66	2,89	0,53	0,98	1,90	-0,57	1,25	1,64	0,67	2,37	3,61	6,73	1,12	3,68	3,83
b*	13,91	16,81	10,25	7,31	15,41	5,08	8,48	10,56	9,87	13,76	12,77	20,00	11,00	18,43	17,52

Media ΔE

Média

Desvio
Padrão

66,14
2,15
12,74
9,436
1,791
4,331

50 Ciclos

	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3	E1	E2	E3
L	72,68	68,92	71,96	58,93	71,73	70,04	78,75	76,56	75,73	71,03	50,91	56,87	79,45	68,89	63,47
a*	2,11	1,78	1,43	4,48	2,42	-0,96	0,38	1,61	0,81	2,07	3,61	6,35	1,36	3,61	3,69
b*	16,18	16,26	14,02	16,06	16,27	5,43	7,74	10,47	10,77	13,30	13,03	19,25	11,14	18,54	17,56

Média

Desvio
Padrão

69,06
2,32
13,73
8,229
1,804
4,002

ΔL	3,45	6,33	2,18	15,17	1,89	2,78	4,52	2,26	2,17	2,74	0,41	-0,97	0,09	0,38	0,43
Δa	0,45	-1,11	0,90	3,50	0,52	-0,39	-0,87	-0,03	0,14	-0,30	0,00	-0,38	0,24	-0,07	-0,14
Δb	2,27	-0,55	3,77	8,75	0,86	0,35	-0,74	-0,09	0,90	-0,46	0,26	-0,75	0,14	0,11	0,04
ΔE	4,15	6,45	4,45	17,86	2,14	2,83	4,66	2,26	2,35	2,79	0,49	1,28	0,29	0,40	0,45

2,92

0,16

0,99

3,52

2,92

0,16

0,99

3,52

3,866

1,056

2,458

4,362

100 Ciclos

	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3	E1	E2	E3
L	72,89	68,85	72,09	63,84	71,18	71,42	80,83	77,12	76,42	72,48	51,41	56,87	78,41	66,98	62,31
a*	2,29	2,07	1,59	4,97	2,83	-0,95	-0,25	1,46	0,86	1,74	3,29	5,94	1,21	4,24	4,03
b*	16,65	17,40	14,92	17,44	16,53	6,43	7,30	10,63	11,43	13,04	12,68	18,59	12,00	20,00	17,26

Média

Desvio
Padrão

69,54
2,35
14,15
8,126
1,895
4,069

ΔL	0,21	-0,07	0,13	4,91	-0,55	1,38	2,08	0,56	0,69	1,45	0,50	0,00	-1,04	-1,91	-1,16
Δa	0,18	0,29	0,16	0,49	0,41	0,01	-0,63	-0,15	0,05	-0,33	-0,32	-0,41	-0,15	0,63	0,34
Δb	0,47	1,14	0,90	1,38	0,26	1,00	-0,44	0,16	0,66	-0,26	-0,35	-0,66	0,86	1,46	-0,30
ΔE	0,55	1,18	0,92	5,12	0,73	1,70	2,22	0,60	0,96	1,51	0,69	0,78	1,36	2,49	1,25

0,48

0,04

0,42

1,47

0,48

0,04

0,42

1,47

1,614

0,365

0,703

1,163

Colorimetria - Valores de ΔL, Δa e Δb em natural com 50 ciclos e 50 com 100 ciclos.
Golden Ártico - G05

Natural

	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3	E1	E2	E3	Media ΔE	Média	Desvio Padrão
L	71,09	60,15	68,57	73,09	52,11	80,54	77,46	75,30	77,29	76,11	75,79	56,65	70,00	70,68	80,36		71,01	8,533
a*	1,75	4,17	0,59	1,95	5,38	0,07	1,56	1,66	0,93	0,73	2,20	6,46	0,65	1,26	0,57		2,00	1,877
b*	11,72	15,63	6,81	11,79	16,19	10,47	15,84	13,93	10,86	8,58	12,02	20,46	11,50	10,47	7,72		12,27	3,616

50 Ciclos

	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3	E1	E2	E3		Média	Desvio Padrão
L	72,16	60,21	70,97	74,03	52,89	81,17	78,55	74,09	78,05	78,55	77,45	56,87	71,22	72,03	80,64		71,93	8,677
a*	1,53	4,27	0,31	1,59	5,47	-0,24	1,59	2,14	0,85	0,68	1,97	6,38	0,61	1,03	0,09		1,88	1,968
b*	11,96	16,57	7,02	11,05	16,31	9,83	15,51	13,75	10,79	7,97	11,42	20,68	11,72	10,43	8,32		12,22	3,722
ΔL	1,07	0,06	2,40	0,94	0,78	0,63	1,09	-1,21	0,76	2,44	1,66	0,22	1,22	1,35	0,28	0,91	0,91	0,913
Δa	-0,22	0,10	-0,28	-0,36	0,09	-0,31	0,03	0,48	-0,08	-0,05	-0,23	-0,08	-0,04	-0,23	-0,48	-0,11	-0,11	0,235
Δb	0,24	0,94	0,21	-0,74	0,12	-0,64	-0,33	-0,18	-0,07	-0,61	-0,60	0,22	0,22	-0,04	0,60	-0,04	-0,04	0,483
ΔE	1,12	0,95	2,43	1,25	0,79	0,95	1,14	1,31	0,77	2,52	1,78	0,32	1,24	1,37	0,82	1,25	1,25	0,597

100 Ciclos

	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3	E1	E2	E3		Média	Desvio Padrão
L	72,40	61,77	71,20	74,23	53,05	81,62	78,63	71,97	78,71	79,38	77,89	54,82	70,65	71,48	80,97		71,92	8,936
a*	1,35	3,68	0,23	1,23	5,46	-0,47	1,36	2,28	0,82	0,76	1,81	6,15	0,67	1,07	0,09		1,77	1,912
b*	12,43	15,63	6,83	10,92	16,56	9,66	14,96	14,03	10,73	8,59	11,47	19,99	12,29	10,95	7,95		12,20	3,533
ΔL	0,24	1,56	0,23	0,20	0,16	0,45	0,08	-2,12	0,66	0,83	0,44	-2,05	-0,57	-0,55	0,33	-0,01	-0,01	0,984
Δa	-0,18	-0,59	-0,08	-0,36	-0,01	-0,23	-0,23	0,14	-0,03	0,08	-0,16	-0,23	0,06	0,04	0,00	-0,12	-0,12	0,193
Δb	0,47	-0,94	-0,19	-0,13	0,25	-0,17	-0,55	0,28	-0,06	0,62	0,05	-0,69	0,57	0,52	-0,37	-0,02	-0,02	0,480
ΔE	0,56	1,91	0,31	0,43	0,30	0,53	0,60	2,14	0,66	1,04	0,47	2,18	0,81	0,76	0,50	0,88	0,88	0,650

Colorimetria - Valores de ΔL, Δa e Δb em natural com 50 ciclos e 50 com 100 ciclos.

Golden Ártico - G06

Natural

	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3	E1	E2	E3	Media ΔE	Média	Desvio Padrão
L	51,78	56,31	42,08	65,84	66,37	55,17	48,89	75,67	71,38	74,77	77,99	74,17	63,78	76,14	75,80		65,08	11,586
a*	4,16	4,65	2,43	3,87	3,60	5,57	4,02	0,38	3,94	1,44	0,63	1,41	3,30	1,57	2,67		2,91	1,549
b*	14,91	17,68	8,51	17,42	19,01	17,61	13,44	9,05	18,78	14,61	13,57	12,53	13,81	15,67	15,16		14,78	3,159

50 Ciclos

	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3	E1	E2	E3		Média	Desvio Padrão
L	51,92	51,49	41,79	64,27	62,18	54,73	53,91	78,18	66,14	75,16	79,44	74,44	70,63	76,32	73,47		64,94	11,761
a*	2,75	3,74	1,39	3,78	4,02	5,11	4,81	0,05	5,23	1,18	0,69	1,33	1,58	1,67	4,15		2,77	1,732
b*	12,17	14,11	6,62	16,57	18,07	16,66	15,43	8,88	19,38	15,86	15,22	13,28	12,18	14,00	18,18		14,44	3,470
ΔL	9,96	3,19	-9,21	16,80	14,26	6,68	12,42	41,32	20,06	32,24	38,66	31,32	24,29	35,00	30,58	20,50	20,50	14,508
Δa	-1,95	-8,35	-9,21	-9,40	-6,95	-10,07	-4,04	-3,50	-9,64	-13,67	-11,05	-13,02	-14,57	-12,33	-8,64	-9,09	-9,09	3,734
Δb	5,06	-0,85	-9,68	1,04	4,35	-0,02	10,48	5,79	5,56	2,75	4,42	-0,08	-3,90	1,70	5,94	2,17	2,17	4,812
ΔE	11,34	8,98	16,23	19,28	16,45	12,08	16,75	41,87	22,94	35,13	40,45	33,92	28,59	37,15	32,33	24,90	24,90	11,290

100 ciclos

	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3	E1	E2	E3		Média	Desvio Padrão
L	53,31	50,17	42,77	59,13	61,96	54,73	51,17	79,42	68,49	75,30	79,33	76,01	67,53	77,02	75,44		64,79	12,257
a*	2,25	2,52	1,99	4,22	3,68	5,13	4,03	-0,11	4,66	1,08	0,56	1,13	2,06	1,34	2,80		2,49	1,574
b*	11,68	12,13	8,49	16,41	18,55	16,81	13,98	8,72	19,20	15,27	15,15	12,84	13,69	14,02	15,99		14,20	3,121
ΔL	52,83	51,16	42,56	59,31	62,28	54,32	51,17	79,76	69,19	75,32	78,74	75,62	67,29	77,03	75,70	64,82	64,82	12,235
Δa	1,21	2,76	1,78	3,98	3,29	3,86	3,94	-0,21	5,77	0,47	-0,20	0,07	1,36	1,32	2,63	2,14	2,14	1,794
Δb	9,52	10,94	7,92	15,72	17,60	14,79	13,05	8,17	17,82	14,17	13,65	10,19	12,72	13,10	15,11	12,96	12,96	3,103
ΔE	53,69	52,39	43,33	61,49	64,80	56,43	52,95	80,18	71,68	76,64	79,91	76,30	68,50	78,15	77,24	66,25	66,25	12,130

Colorimetria - Valores de ΔL, Δa e Δb em natural com 50 ciclos e 50 com 100 ciclos.

Branco Nevasca - BN01

Natural

	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3	E1	E2	E3	Media ΔE	Média	Desvio Padrão
L	70,75	72,66	77,49	72,28	68,73	72,93	77,68	75,39	76,47	72,84	74,94	72,95	70,40	76,93	70,37		73,52	2,836
a*	-0,05	-0,23	0,14	0,71	0,79	0,06	0,19	-0,10	0,28	0,13	0,34	-0,03	0,77	-0,48	0,84		0,22	0,400
b*	3,33	4,12	5,99	3,34	5,64	5,81	3,24	4,28	3,43	5,03	4,33	2,94	4,16	1,74	4,09		4,10	1,168

50 Ciclos

	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3	E1	E2	E3		Média	Desvio Padrão
L	73,50	75,22	78,76	74,17	69,96	73,55	79,21	77,69	78,31	74,62	78,24	76,30	72,35	79,92	71,30		75,54	3,087
a*	-0,21	-0,15	0,04	0,45	0,73	0,12	0,15	0,29	0,17	0,06	0,00	-0,24	0,46	-0,58	0,79		0,14	0,368
b*	2,72	3,24	5,67	3,02	5,55	5,92	3,15	3,48	3,30	5,05	4,24	3,40	3,41	2,03	5,05		3,95	1,206
ΔL	2,75	2,56	1,27	1,89	1,23	0,62	1,53	2,30	1,84	1,78	3,30	3,35	1,95	2,99	0,93	2,02	2,02	0,843
Δa	-0,16	0,08	-0,10	-0,26	-0,06	0,06	-0,04	0,39	-0,11	-0,07	-0,34	-0,21	-0,31	-0,10	-0,05	-0,09	-0,09	0,179
Δb	-0,61	-0,88	-0,32	-0,32	-0,09	0,11	-0,09	-0,80	-0,13	0,02	-0,09	0,46	-0,75	0,29	0,96	-0,15	-0,15	0,499
ΔE	2,82	2,71	1,31	1,93	1,23	0,63	1,53	2,47	1,85	1,78	3,32	3,39	2,11	3,01	1,34	2,10	2,10	0,828

100 Ciclos

	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3	E1	E2	E3		Média	Desvio Padrão
L	72,84	74,72	79,68	73,97	70,55	74,41	79,03	78,10	78,54	74,72	79,01	75,45	71,87	79,39	71,31		75,57	3,166
a*	-0,46	-0,34	-0,34	0,43	0,27	-0,22	0,03	-0,47	-0,06	-0,08	-0,33	-0,42	0,11	-0,72	0,58		-0,13	0,365
b*	3,37	3,71	5,86	3,50	6,13	5,85	3,38	4,21	3,30	5,11	4,50	2,84	2,56	2,09	4,94		4,09	1,264
ΔL	-0,66	-0,50	0,92	-0,20	0,59	0,86	-0,18	0,41	0,23	0,10	0,77	-0,85	-0,48	-0,53	0,01	0,03	0,03	0,581
Δa	-0,25	-0,19	-0,38	-0,02	-0,46	-0,34	-0,12	-0,76	-0,23	-0,14	-0,33	-0,18	-0,35	-0,14	-0,21	-0,27	-0,27	0,178
Δb	0,65	0,47	0,19	0,48	0,58	-0,07	0,23	0,73	0,00	0,06	0,26	-0,56	-0,85	0,06	-0,11	0,14	0,14	0,436
ΔE	0,96	0,71	1,01	0,52	0,95	0,93	0,32	1,13	0,33	0,18	0,88	1,03	1,04	0,55	0,24	0,72	0,72	0,332

Colorimetria - Valores de ΔL , Δa e Δb em natural com 50 ciclos e 50 com 100 ciclos.

Branco Nevasca - BN02

Natural

	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3	E1	E2	E3	Media ΔE	Média	Desvio Padrão
L	69,08	68,53	75,48	72,75	71,96	72,27	73,60	76,33	73,92	73,39	72,59	71,96	70,97	71,77	73,54		72,54	2,064
a*	1,04	0,58	0,10	0,30	0,55	0,44	0,36	0,04	-0,07	0,06	0,49	0,57	-0,06	0,07	0,53		0,33	0,310
b*	5,20	6,49	5,29	3,98	5,26	4,43	3,31	3,22	4,95	3,86	4,42	5,39	3,38	4,30	5,24		4,58	0,931

50 Ciclos

	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3	E1	E2	E3		Média	Desvio Padrão
L	74,30	72,75	78,24	75,91	75,07	76,06	77,54	78,76	77,14	76,36	79,19	74,40	75,45	75,42	75,60		76,15	1,772
a*	0,36	-0,18	0,09	0,03	0,21	0,03	0,19	0,08	-0,13	0,08	-0,10	0,46	-0,46	-0,15	0,35		0,06	0,241
b*	3,92	4,54	4,74	3,49	3,72	3,76	2,79	2,91	4,77	3,94	3,27	5,09	2,47	3,33	5,05		3,85	0,836
ΔL	5,22	4,22	2,76	3,16	3,11	3,79	3,94	2,43	3,22	2,97	6,60	2,44	4,48	3,65	2,06	3,60	3,60	1,186
Δa	-0,68	-0,76	-0,01	-0,27	-0,34	-0,41	-0,17	0,04	-0,06	0,02	-0,59	-0,11	-0,40	-0,22	-0,18	-0,28	-0,28	0,252
Δb	-1,28	-1,95	-0,55	-0,49	-1,54	-0,67	-0,52	-0,31	-0,18	0,08	-1,15	-0,30	-0,91	-0,97	-0,19	-0,73	-0,73	0,565
ΔE	5,42	4,71	2,81	3,21	3,49	3,87	3,98	2,45	3,23	2,97	6,73	2,46	4,59	3,78	2,08	3,72	3,72	1,242

100 Ciclos

	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3	E1	E2	E3		Média	Desvio Padrão
L	74,19	73,24	77,90	76,85	75,11	76,56	77,81	78,81	76,96	76,53	78,16	74,15	75,63	75,79	75,78		76,23	1,608
a*	0,23	-0,51	-0,26	-0,29	-0,14	-0,33	-0,15	-0,22	-0,41	-0,19	-0,34	0,15	-0,74	-0,38	0,09		-0,23	0,253
b*	4,64	4,30	4,61	3,57	3,73	3,77	2,73	3,51	5,22	4,11	3,83	5,46	2,44	3,52	5,23		4,04	0,880
ΔL	-0,11	0,49	-0,34	0,94	0,04	0,50	0,27	0,05	-0,18	0,17	-1,03	-0,25	0,18	0,37	0,18	0,09	0,09	0,452
Δa	-0,13	-0,33	-0,35	-0,32	-0,35	-0,36	-0,34	-0,30	-0,28	-0,27	-0,24	-0,31	-0,28	-0,23	-0,26	-0,29	-0,29	0,060
Δb	0,72	-0,24	-0,13	0,08	0,01	0,01	-0,06	0,60	0,45	0,17	0,56	0,37	-0,03	0,19	0,18	0,19	0,19	0,288
ΔE	0,74	0,64	0,50	1,00	0,35	0,62	0,44	0,67	0,56	0,36	1,20	0,54	0,33	0,48	0,36	0,59	0,59	0,244

Colorimetria - Valores de ΔL, Δa e Δb em natural com 50 ciclos e 50 com 100 ciclos.

Branco Nevasca - BN03

Natural

	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3	E1	E2	E3	Media ΔE	Média	Desvio Padrão
L	73,23	72,17	75,73	75,34	74,22	73,71	76,58	75,79	69,15	75,57	75,90	74,06	75,29	70,38	79,40		74,43	2,527
a*	-0,03	-0,16	-0,15	0,28	0,20	0,31	-0,37	-0,11	0,42	-0,25	-0,02	0,01	0,19	0,31	0,05		0,05	0,232
b*	3,80	3,29	3,27	2,51	3,50	5,38	4,22	3,71	4,07	3,32	5,38	4,96	5,33	3,05	3,48		3,95	0,917

50 ciclos

	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3	E1	E2	E3		Média	Desvio Padrão
L	75,78	76,36	79,23	76,99	78,18	73,42	79,34	78,26	71,19	77,59	77,83	77,89	75,98	75,51	81,67		77,01	2,518
a*	-0,21	-0,28	-0,31	0,02	-0,14	0,52	-0,28	-0,10	0,29	-0,30	-0,10	-0,33	0,12	-0,07	0,04		-0,08	0,243
b*	3,48	2,63	2,70	1,80	1,91	5,74	4,77	3,98	3,55	3,52	5,25	4,16	5,05	2,95	2,94		3,63	1,194
ΔL	2,55	4,19	3,50	1,65	3,96	-0,29	2,76	2,47	2,04	2,02	1,93	3,83	0,69	5,13	2,27	2,58	2,58	1,395
Δa	-0,18	-0,12	-0,16	-0,26	-0,34	0,21	0,09	0,01	-0,13	-0,05	-0,08	-0,34	-0,07	-0,38	-0,01	-0,12	-0,12	0,165
Δb	-0,32	-0,66	-0,57	-0,71	-1,59	0,36	0,55	0,27	-0,52	0,20	-0,13	-0,80	-0,28	-0,10	-0,54	-0,32	-0,32	0,547
ΔE	2,58	4,24	3,55	1,81	4,28	0,51	2,82	2,48	2,11	2,03	1,94	3,93	0,75	5,15	2,33	2,70	2,70	1,311

100 Ciclos

	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3	E1	E2	E3		Média	Desvio Padrão
L	76,22	76,77	79,91	77,11	76,90	73,74	78,63	78,46	71,27	77,53	78,11	76,08	76,96	74,01	81,35		76,87	2,498
a*	-0,45	-0,56	-0,47	-0,13	-0,09	0,22	-0,38	-0,35	-0,08	-0,56	-0,42	-0,43	-0,12	-0,24	-0,12		-0,28	0,220
b*	4,49	2,60	2,99	2,04	2,97	5,83	5,79	4,06	3,75	3,54	5,27	4,13	4,64	2,18	3,08		3,82	1,216
ΔL	0,44	0,41	0,68	0,12	-1,28	0,32	-0,71	0,20	0,08	-0,06	0,28	-1,81	0,98	-1,50	-0,32	-0,14	-0,14	0,823
Δa	-0,24	-0,28	-0,16	-0,15	0,05	-0,30	-0,10	-0,25	-0,37	-0,26	-0,32	-0,10	-0,24	-0,17	-0,16	-0,20	-0,20	0,106
Δb	1,01	-0,03	0,29	0,24	1,06	0,09	1,02	0,08	0,20	0,02	0,02	-0,03	-0,41	-0,77	0,14	0,20	0,20	0,506
ΔE	1,13	0,50	0,76	0,31	1,66	0,45	1,25	0,33	0,43	0,27	0,43	1,81	1,09	1,69	0,38	0,83	0,83	0,558

Colorimetria - Valores de ΔL, Δa e Δb em natural com 50 ciclos e 50 com 100 ciclos.

Branco Nevasca - BN04

Natural

	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3	E1	E2	E3	Media ΔE	Média	Desvio Padrão
L	71,36	78,34	79,86	75,74	77,26	73,23	75,74	74,15	79,72	68,73	77,42	73,72	69,31	76,86	75,99		75,16	3,418
a*	0,52	-0,24	-0,22	-0,06	0,42	-0,12	0,08	-0,30	0,00	0,11	0,33	0,01	0,42	-0,05	0,00		0,06	0,255
b*	3,72	3,93	5,02	4,71	6,04	5,68	3,90	4,44	4,39	4,82	5,57	3,97	5,27	4,84	5,33		4,78	0,716

50 ciclos

	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3	E1	E2	E3		Média	Desvio Padrão
L	73,79	80,62	80,32	77,41	77,30	75,16		75,96	81,23	71,49	77,19	76,75	72,37	76,68	77,17		76,67	2,877
a*	0,38	-0,14	0,05	-0,01	0,52	0,01		-0,22	0,05	0,02	0,63	0,44	0,32	0,30	0,08		0,17	0,256
b*	3,61	3,88	5,00	4,75	5,27	5,49		3,87	3,94	2,59	6,10	4,47	4,42	5,58	5,06		4,57	0,936
ΔL	2,43	2,28	0,46	1,67	0,04	1,93		1,81	1,51	2,76	-0,23	3,03	3,06	-0,18	1,18	1,55	1,55	1,151
Δa	-0,14	0,10	0,27	0,05	0,10	0,13		0,08	0,05	-0,09	0,30	0,43	-0,10	0,35	0,08	0,12	0,12	0,170
Δb	-0,11	-0,05	-0,02	0,04	-0,77	-0,19		-0,57	-0,45	-2,23	0,53	0,50	-0,85	0,74	-0,27	-0,26	-0,26	0,736
ΔE	2,44	2,28	0,53	1,67	0,78	1,94		1,90	1,58	3,55	0,65	3,10	3,18	0,84	1,21	1,83	1,83	0,985

100 Ciclos

	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3	E1	E2	E3		Média	Desvio Padrão
L	73,69	81,50	79,09	76,81	77,86	74,93	77,40	76,27	81,02	71,61	76,92	76,70	72,04	77,86	77,34		76,74	2,816
a*	0,14	-0,56	-0,14	-0,24	0,36	-0,19	-0,05	-0,51	-0,15	-0,27	0,38	0,10	0,06	-0,13	-0,17		-0,09	0,269
b*	4,34	4,15	4,95	5,09	5,98	5,71	3,56	4,31	4,27	2,53	6,47	4,46	4,53	5,46	5,24		4,74	0,990
ΔL	-0,10	0,88	-1,23	-0,60	0,56	-0,23	1,66	0,31	-0,21	0,12	-0,27	-0,05	-0,33	1,18	0,17	0,12	0,12	0,723
Δa	-0,24	-0,42	-0,19	-0,23	-0,16	-0,20	-0,13	-0,29	-0,20	-0,29	-0,25	-0,34	-0,26	-0,43	-0,25	-0,26	-0,26	0,086
Δb	0,73	0,27	-0,05	0,34	0,71	0,22	-0,34	0,44	0,33	-0,06	0,37	-0,01	0,11	-0,12	0,18	0,21	0,21	0,298
ΔE	0,77	1,01	1,25	0,73	0,92	0,38	1,70	0,61	0,44	0,32	0,52	0,34	0,43	1,26	0,35	0,74	0,74	0,416

Colorimetria - Valores de ΔL, Δa e Δb em natural com 50 ciclos e 50 com 100 ciclos.

Branco Nevasca - BN05

Natural

	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3	E1	E2	E3	Media ΔE	Média	Desvio Padrão
L	79,26	73,68	74,82	76,41	77,44	70,28	72,74	78,12	77,09	76,05	73,86	72,38	70,57	76,66	72,48		74,79	2,760
a*	-0,28	0,46	0,36	-0,32	-0,53	-0,39	0,03	-0,15	0,68	-0,24	-0,30	0,20	-0,17	-0,23	0,62		-0,02	0,386
b*	5,73	4,30	4,24	4,02	3,20	1,69	4,13	4,11	4,67	6,20	5,15	4,07	3,45	3,88	6,55		4,36	1,214

50 Ciclos

	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3	E1	E2	E3		Média	Desvio Padrão
L	80,96	74,30	76,08	77,82	78,99	72,15	74,35	79,97	78,65	77,87	75,74	74,06	73,11	74,64	75,87		76,30	2,622
a*	-0,25	0,51	0,39	-0,32	-0,59	-0,45	0,00	-0,22	0,59	-0,25	-0,39	0,16	-0,41	-0,33	0,46		-0,07	0,394
b*	5,54	4,71	4,00	3,75	2,74	1,45	3,98	3,80	4,50	6,23	4,81	4,03	3,25	3,56	6,32		4,18	1,271
ΔL	1,70	0,62	1,26	1,41	1,55	1,87	1,61	1,85	1,56	1,82	1,88	1,68	2,54	-2,02	3,39	1,51	1,51	1,149
Δa	0,03	0,05	0,03	0,00	-0,06	-0,06	-0,03	-0,07	-0,09	-0,01	-0,09	-0,04	-0,24	-0,10	-0,16	-0,06	-0,06	0,076
Δb	-0,19	0,41	-0,24	-0,27	-0,46	-0,24	-0,15	-0,31	-0,17	0,03	-0,34	-0,04	-0,20	-0,32	-0,23	-0,18	-0,18	0,202
ΔE	1,71	0,74	1,28	1,44	1,62	1,89	1,62	1,88	1,57	1,82	1,91	1,68	2,56	2,05	3,40	1,81	1,81	0,590

100 Ciclos

	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3	E1	E2	E3		Média	Desvio Padrão
L	80,62	74,42	76,68	78,49	79,27	72,44	74,33	80,12	78,85	77,65	75,38	74,09	73,35	74,55	75,71		76,40	2,610
a*	-0,48	0,27	0,13	-0,54	-0,83	-0,69	-0,08	-0,48	0,41	-0,54	-0,62	-0,14	-0,66	-0,55	0,25		-0,30	0,405
b*	5,88	5,03	4,25	4,46	3,12	1,94	5,07	4,05	4,66	6,48	4,84	4,27	3,48	3,66	6,52		4,51	1,230
ΔL	-0,34	0,12	0,60	0,67	0,28	0,29	-0,02	0,15	0,20	-0,22	-0,36	0,03	0,24	-0,09	-0,16	0,09	0,09	0,305
Δa	-0,23	-0,24	-0,26	-0,22	-0,24	-0,24	-0,08	-0,26	-0,18	-0,29	-0,23	-0,30	-0,25	-0,22	-0,21	-0,23	-0,23	0,051
Δb	0,34	0,32	0,25	0,71	0,38	0,49	1,09	0,25	0,16	0,25	0,03	0,24	0,23	0,10	0,20	0,34	0,34	0,264
ΔE	0,53	0,42	0,70	1,00	0,53	0,62	1,09	0,39	0,31	0,44	0,43	0,39	0,42	0,26	0,33	0,52	0,52	0,242

Colorimetria - Valores de ΔL, Δa e Δb em natural com 50 ciclos e 50 com 100 ciclos.

Branco Nevasca - BN06

Natural

	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3	E1	E2	E3	Media ΔE	Média	Desvio Padrão
L	73,14	70,50	72,44	73,40	72,80	70,74	73,88	68,81	69,55	72,32	70,43	75,25	70,51	75,11	70,51		71,96	1,980
a*	0,79	0,34	0,11	0,32	0,36	-0,04	0,21	0,89	1,03	0,49	0,64	-0,18	0,01	0,23	0,62		0,39	0,353
b*	4,88	6,87	4,14	5,84	5,04	4,51	4,63	7,42	5,94	5,58	6,11	4,29	5,61	6,43	4,21		5,43	1,013

50 ciclos

	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3	E1	E2	E3		Média	Desvio Padrão
L	77,32	74,20	78,96	74,69	76,74	75,21	77,21	73,68	75,02	75,98	76,53	79,50	73,82	80,59	73,82		76,22	2,185
a*	0,15	0,19	-0,21	0,24	-0,02	-0,34	0,10	0,35	0,47	0,14	-0,14	-0,13	-0,16	-0,31	0,38		0,05	0,256
b*	3,56	6,21	3,45	5,04	3,47	3,42	4,17	6,44	3,94	4,82	3,10	3,76	4,88	3,60	3,31		4,21	1,047
ΔL	4,18	3,70	6,52	1,29	3,94	4,47	3,33	4,87	5,47	3,66	6,10	4,25	3,31	5,48	3,31	4,26	4,26	1,313
Δa	-0,64	-0,15	-0,32	-0,08	-0,38	-0,30	-0,11	-0,54	-0,56	-0,35	-0,78	0,05	-0,17	-0,54	-0,24	-0,34	-0,34	0,233
Δb	-1,32	-0,66	-0,69	-0,80	-1,57	-1,09	-0,46	-0,98	-2,00	-0,76	-3,01	-0,53	-0,73	-2,83	-0,90	-1,22	-1,22	0,801
ΔE	4,43	3,76	6,56	1,52	4,26	4,61	3,36	5,00	5,85	3,75	6,85	4,28	3,39	6,19	3,44	4,48	4,48	1,425

100 ciclos

	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3	E1	E2	E3		Média	Desvio Padrão
L	77,05	74,17	78,89	74,28	77,24	75,41	76,66	73,76	75,17	75,44	76,94	79,31	74,89	80,09	73,91		76,21	2,028
a*	0,06	-0,05	-0,35	-0,03	-0,26	-0,60	-0,11	-0,16	0,22	-0,20	-0,46	-0,32	-0,37	-0,44	0,13		-0,20	0,234
b*	3,55	6,00	3,80	5,19	3,60	3,46	4,10	6,10	4,30	5,47	3,33	4,36	4,09	4,08	3,45		4,33	0,929
ΔL	-0,27	-0,03	-0,07	-0,41	0,50	0,20	-0,55	0,08	0,15	-0,54	0,41	-0,19	1,07	-0,50	0,09	0,00	0,00	0,445
Δa	-0,09	-0,24	-0,14	-0,27	-0,24	-0,26	-0,21	-0,51	-0,25	-0,34	-0,32	-0,19	-0,21	-0,13	-0,25	-0,24	-0,24	0,100
Δb	-0,01	-0,21	0,35	0,15	0,13	0,04	-0,07	-0,34	0,36	0,65	0,23	0,60	-0,79	0,48	0,14	0,11	0,11	0,375
ΔE	0,28	0,32	0,38	0,51	0,57	0,33	0,59	0,62	0,46	0,91	0,57	0,66	1,35	0,71	0,30	0,57	0,57	0,277

Exalação de Gás Radônio

Juparana Bordeaux - Natural

A: Flow in CC/SEC.

B: Specific Flow in LITERS/MIN/CM^2.

C: Flow in LITER/PSI/CM^2/SEC.

D: Flow in LITER/PSI/CM^2/MIN.

Natural

DIFFERENTIAL		FLOW RATE			PERMEABILITY
PRESSURE	A	B	C	D	DARCYS
PSI					
0,018701	2,89E-02	1,10E-04	9,80E-05	5,88E-03	0,037682
0,0242	1,89E-02	7,19E-05	4,95E-05	2,97E-03	0,019035
0,027141	1,22E-02	4,65E-05	2,86E-05	1,71E-03	0,010982
0,03044	1,11E-02	4,23E-05	2,32E-05	1,39E-03	0,0089001
0,03117	1,11E-02	4,23E-05	2,26E-05	1,36E-03	0,0086915
0,03264	6,67E-03	2,54E-05	1,30E-05	7,77E-04	0,0049797
0,165	2,11E-02	8,04E-05	8,10E-06	4,87E-04	0,0031056
0,33037	4,00E-02	1,52E-04	7,70E-06	4,61E-04	0,0029226
0,54157	3,33E-03	1,27E-05	3,91E-07	2,34E-05	0,0001475
0,79237	3,67E-02	1,40E-04	2,90E-06	1,76E-04	0,0011
0,7931	2,00E-02	7,61E-05	1,60E-06	9,60E-05	0,0005994
1,0582	4,78E-02	1,82E-04	2,90E-06	1,72E-04	0,001064
1,7864	2,22E-02	8,46E-05	7,89E-07	4,73E-05	0,0002863
2,0416	3,56E-02	1,35E-04	1,10E-06	6,63E-05	0,0003976
2,2997	2,44E-02	9,30E-05	6,74E-07	4,05E-05	0,0002407
2,5542	1,56E-02	5,92E-05	3,86E-07	2,32E-05	0,0001368
2,7738	1,67E-02	6,34E-05	3,81E-07	2,29E-05	0,0001341
3,0441	3,67E-02	1,40E-04	7,64E-07	4,58E-05	0,0002666
5,1143	3,67E-02	1,40E-04	4,55E-07	2,73E-05	0,0001492
6,9549	5,00E-02	1,90E-04	4,56E-07	2,74E-05	0,0001421
8,2969	3,00E-02	1,14E-04	2,29E-07	1,38E-05	0,0000689
9,6481	4,78E-02	1,82E-04	3,14E-07	1,88E-05	0,0000912
11,016	3,11E-02	1,18E-04	1,79E-07	1,07E-05	0,0000502
12,365	5,11E-02	1,95E-04	2,62E-07	1,57E-05	0,0000712
13,718	4,56E-02	1,73E-04	2,11E-07	1,26E-05	0,0000554
15,091	4,11E-02	1,57E-04	1,73E-07	1,04E-05	0,000044
16,479	3,67E-02	1,40E-04	1,41E-07	8,50E-06	0,0000349
17,902	3,89E-02	1,48E-04	1,38E-07	8,30E-06	0,000033
19,293	4,89E-02	1,86E-04	1,61E-07	9,60E-06	0,0000374
20,672	5,56E-02	2,12E-04	1,71E-07	1,02E-05	0,0000386
22,074	5,44E-02	2,07E-04	1,57E-07	9,40E-06	0,0000345
23,473	5,78E-02	2,20E-04	1,56E-07	9,40E-06	0,0000335
24,788	4,22E-02	1,61E-04	1,08E-07	6,50E-06	0,0000226
26,181	5,33E-02	2,03E-04	1,29E-07	7,80E-06	0,0000264
27,589	4,89E-02	1,86E-04	1,12E-07	6,70E-06	0,0000224
28,99	3,78E-02	1,44E-04	8,27E-08	5,00E-06	0,0000161
30,39	5,22E-02	1,99E-04	1,09E-07	6,50E-06	0,0000207

Average Darcy Permeability

Constant =

1,49E-04

Media acima de 15 psi

3,03417E-05

Juparana Bordeaux - 50 ciclos

A: Flow in CC/SEC.

B: Specific Flow in LITERS/MIN/CM².

C: Flow in LITER/PSI/CM²/SEC.

D: Flow in LITER/PSI/CM²/MIN.

50 Ciclos

DIFFERENTIAL		FLOW RATE			PERMEABILITY
PRESSURE	A	B	C	D	DARCYS
PSI					
0,0062294	0,027778	0,000106	0,000283	0,016973	1,09E-01
0,0209	0,053333	0,000203	0,000162	0,009713	6,24E-02
0,14886	0,047778	0,000182	2,04E-05	0,001222	7,81E-03
0,30506	0,052222	0,000199	1,09E-05	0,000652	4,14E-03
0,54413	0,061111	0,000233	7,1E-06	0,000428	2,70E-03
0,79566	0,076667	0,000292	6,1E-06	0,000367	2,29E-03
1,0215	0,062222	0,000237	3,9E-06	0,000232	1,44E-03
1,2734	0,081111	0,000309	0,000004	0,000242	1,49E-03
1,5301	0,098889	0,000376	4,1E-06	0,000246	1,50E-03
1,7765	0,086667	0,00033	3,1E-06	0,000186	1,13E-03
3,7932	0,13	0,000495	2,2E-06	0,000131	7,43E-04
5,6283	0,13778	0,000524	1,6E-06	9,32E-05	5,03E-04
7,4771	0,18889	0,000719	1,6E-06	9,62E-05	4,93E-04
8,8282	0,17333	0,00066	1,2E-06	7,47E-05	3,70E-04
10,181	0,19778	0,000753	1,2E-06	7,39E-05	3,53E-04
11,543	0,22333	0,00085	1,2E-06	7,36E-05	3,40E-04
12,911	0,24	0,000914	1,2E-06	7,08E-05	3,16E-04
14,26	0,25333	0,000964	1,1E-06	6,76E-05	2,93E-04
15,635	0,28333	0,001079	1,1E-06	0,000069	2,90E-04
17,051	0,31222	0,001188	1,2E-06	6,97E-05	2,84E-04
18,45	0,34889	0,001328	1,2E-06	0,000072	2,85E-04
19,848	0,36222	0,001379	1,2E-06	6,95E-05	2,67E-04
21,223	0,37556	0,00143	1,1E-06	6,74E-05	2,52E-04
22,628	0,40667	0,001548	1,1E-06	6,84E-05	2,49E-04
24,028	0,42333	0,001611	1,1E-06	6,71E-05	2,38E-04
25,345	0,43333	0,001649	1,1E-06	6,51E-05	2,25E-04
26,736	0,47222	0,001797	1,1E-06	6,72E-05	2,27E-04
28,111	0,48556	0,001848	1,1E-06	6,57E-05	2,16E-04
29,506	0,51222	0,00195	1,1E-06	6,61E-05	2,12E-04
30,905	0,52333	0,001992	1,1E-06	6,45E-05	2,02E-04

Average Darcy Permeability

media acima de 15 psi

Constant =

6,51E-04

2,46E-04

Juparana Bordeaux - 100 ciclos

A: Flow in CC/SEC.

B: Specific Flow in LITERS/MIN/CM².

C: Flow in LITER/PSI/CM²/SEC.

D: Flow in LITER/PSI/CM²/MIN.

100 Ciclos

B04(2)

DIFFERENTIAL		FLOW RATE			PERMEABILITY
PRESSURE	A	B	C	D	DARCYS
PSI					
0,0054998	0,014444	0,000055	0,000167	0,009997	0,064141
0,0065994	0,0033333	1,27E-05	0,000032	0,001923	0,012335
0,027499	0,027778	0,000106	6,41E-05	0,003845	0,024651
0,034829	0,01	3,81E-05	1,82E-05	0,001093	0,007005
0,16903	0,02	7,61E-05	7,5E-06	0,00045	0,0028738
0,3476	0,01	3,81E-05	1,8E-06	0,00011	0,0006946
0,59216	0,018889	7,19E-05	0,000002	0,000121	0,0007639
0,82536	0,014444	0,000055	1,1E-06	6,66E-05	0,0004159
1,0732	0,058889	0,000224	3,5E-06	0,000209	0,0012934
1,074	0,027778	0,000106	1,6E-06	9,84E-05	0,0006096
3,0763	0,11556	0,00044	2,4E-06	0,000143	0,0008311
4,9192	0,14333	0,000546	1,8E-06	0,000111	0,0006102
6,7778	0,18111	0,000689	1,7E-06	0,000102	0,000531
8,1158	0,22111	0,000842	1,7E-06	0,000104	0,0005222
9,4725	0,24111	0,000918	1,6E-06	9,69E-05	0,0004709
10,836	0,24889	0,000947	1,5E-06	8,74E-05	0,0004106
12,206	0,30111	0,001146	1,6E-06	9,39E-05	0,0004265
13,579	0,34111	0,001298	1,6E-06	9,56E-05	0,0004205
14,939	0,38556	0,001468	1,6E-06	9,82E-05	0,0004188
16,32	0,40556	0,001544	1,6E-06	9,46E-05	0,0003911
17,728	0,43556	0,001658	1,6E-06	9,35E-05	0,0003752
19,123	0,46667	0,001776	1,5E-06	9,29E-05	0,000362
20,533	0,50444	0,00192	1,6E-06	9,35E-05	0,0003542
21,923	0,55222	0,002102	1,6E-06	9,59E-05	0,0003533
23,314	0,58333	0,00222	1,6E-06	9,52E-05	0,0003417
24,64	0,62	0,00236	1,6E-06	9,58E-05	0,0003353
26,044	0,63667	0,002423	1,6E-06	0,000093	0,0003175
27,426	0,68111	0,002593	1,6E-06	9,45E-05	0,0003147
28,805	0,67778	0,00258	1,5E-06	8,96E-05	0,0002911
30,2	0,75	0,002855	1,6E-06	9,45E-05	0,0003001

Average Darcy Permeability

media acima de 15 psi

Constant =

4,92E-04

3,46E-04

Branco Nevasca - Natural

A: Flow in CC/SEC.

B: Specific Flow in LITERS/MIN/CM^2.

C: Flow in LITER/PSI/CM^2/SEC.

D: Flow in LITER/PSI/CM^2/MIN.

Natural

DIFFERENTIAL		FLOW RATE			PERMEABILITY
PRESSURE	A	B	C	D	DARCYS
PSI					
0,05206	0,053333	0,000203	0,000065	0,0038994	0,024962
0,06123	0,022222	0,0000846	0,000023	0,0013814	0,0088403
1,8458	0,041111	0,0001565	0,0000014	0,0000848	0,0005117
3,6439	0,023333	0,0000888	4,06E-07	0,0000244	0,0001392
5,4791	0,028889	0,00011	3,35E-07	0,0000201	0,0001086
7,322	0,056667	0,0002157	4,91E-07	0,0000295	0,0001514
8,6713	0,026667	0,0001015	1,95E-07	0,0000117	0,0000581
10,028	0,043333	0,0001649	2,74E-07	0,0000164	0,0000788
11,401	0,033333	0,0001269	1,86E-07	0,0000111	0,0000515
12,767	0,022222	0,0000846	1,10E-07	0,0000066	0,0000297
14,124	0,03	0,0001142	1,35E-07	0,0000081	0,0000351
15,5	0,056667	0,0002157	2,32E-07	0,0000139	0,0000586
16,89	0,047778	0,0001819	1,80E-07	0,0000108	0,000044
18,311	0,037778	0,0001438	1,31E-07	0,0000079	0,0000311
19,702	0,04	0,0001523	1,29E-07	0,0000077	0,0000297
21,094	0,048889	0,0001861	1,47E-07	0,0000088	0,000033
22,498	0,043333	0,0001649	1,22E-07	0,0000073	0,0000267
23,906	0,041111	0,0001565	1,09E-07	0,0000065	0,0000232
25,213	0,037778	0,0001438	9,51E-08	0,0000057	0,0000197
26,609	0,063333	0,0002411	1,51E-07	0,0000091	0,0000306
27,991	0,047778	0,0001819	1,08E-07	0,0000065	0,0000214
29,393	0,063333	0,0002411	1,37E-07	0,0000082	0,0000264
30,792	0,053333	0,000203	1,10E-07	0,0000066	0,0000207

Average Darcy

Permeability Constant

= 3,41E-04

Branco Nevasca - 50 ciclos

A: Flow in CC/SEC.

B: Specific Flow in LITERS/MIN/CM^2.

C: Flow in LITER/PSI/CM^2/SEC.

D: Flow in LITER/PSI/CM^2/MIN.

50 Ciclos

DIFFERENTIAL		FLOW RATE			PERMEABILITY
PRESSURE	A	B	C	D	DARCYS
PSI					
-----	-----	-----	-----	-----	-----
0,0077	0,012222	0,0000465	0,0001007	0,0060418	0,039054
0,0084305	0,016667	0,0000634	0,0001254	0,0075249	0,04864
0,0143	0,0077778	0,0000296	0,0000345	0,0020702	0,013379
0,03887	0,04	0,0001523	0,0000653	0,003917	0,025292
0,04583	0,011111	0,0000423	0,0000154	0,0009228	0,0059573
0,18883	0,012222	0,0000465	0,0000041	0,0002464	0,0015827
0,37143	0,025556	0,0000973	0,0000044	0,0002619	0,0016721
0,58997	0,0033333	0,0000127	3,58E-07	0,0000215	0,0001363
0,8404	0,032222	0,0001226	0,0000024	0,0001459	0,0009173
1,0912	0,044444	0,0001692	0,0000026	0,000155	0,0009664
1,3427	0,038889	0,000148	0,0000018	0,0001102	0,0006816
1,5939	0,047778	0,0001819	0,0000019	0,0001141	0,0006997
1,8311	0,027778	0,0001057	9,62E-07	0,0000577	0,0003514
2,0878	0,026667	0,0001015	8,10E-07	0,0000486	0,0002935
2,3459	0,046667	0,0001776	0,0000013	0,0000757	0,0004533
2,6066	0,06	0,0002284	0,0000015	0,0000876	0,0005203
2,8351	0,041111	0,0001565	9,20E-07	0,0000552	0,0003254
4,9097	0,094444	0,0003595	0,0000012	0,0000732	0,0004056
6,7632	0,11444	0,0004356	0,0000011	0,0000644	0,0003385
8,0905	0,11222	0,0004272	8,80E-07	0,0000528	0,0002676
9,4453	0,13556	0,000516	9,10E-07	0,0000546	0,0002672
10,806	0,15889	0,0006048	9,33E-07	0,000056	0,0002645
12,17	0,17556	0,0006682	9,15E-07	0,0000549	0,000251
13,541	0,18333	0,0006978	8,59E-07	0,0000515	0,000228
14,899	0,20444	0,0007782	8,71E-07	0,0000522	0,000224
16,273	0,21667	0,0008247	8,45E-07	0,0000507	0,0002108
17,692	0,20444	0,0007782	7,33E-07	0,000044	0,0001774
19,081	0,21667	0,0008247	7,20E-07	0,0000432	0,0001693
20,487	0,25556	0,0009727	7,91E-07	0,0000475	0,0001808
21,877	0,25444	0,0009685	7,38E-07	0,0000443	0,000164
23,274	0,28889	0,0010996	7,87E-07	0,0000472	0,0001704
24,592	0,29222	0,0011123	7,54E-07	0,0000452	0,0001591
25,991	0,31556	0,0012011	7,70E-07	0,0000462	0,0001585
27,388	0,34333	0,0013068	7,95E-07	0,0000477	0,0001596
28,769	0,32556	0,0012392	7,18E-07	0,0000431	0,0001406
30,175	0,33889	0,0012899	7,13E-07	0,0000427	0,0001363

Average Darcy

Permeability Constant

= 3,07E-04

Branco Nevasca - 100 ciclos

A: Flow in CC/SEC.

B: Specific Flow in LITERS/MIN/CM².

C: Flow in LITER/PSI/CM²/SEC.

D: Flow in LITER/PSI/CM²/MIN.

100 Ciclos

DIFFERENTIAL		FLOW RATE			PERMEABILITY
PRESSURE	A	B	C	D	DARCYS
PSI					
0,0068398	0,0088889	0,0000338	0,0000824	0,0049467	0,031726
0,0081902	0,012222	0,0000465	0,0000947	0,0056802	0,036429
0,046929	0,032222	0,0001226	0,0000436	0,0026135	0,016739
0,04877	0,0044444	0,0000169	0,0000058	0,0003469	0,0022216
0,19507	0,022222	0,0000846	0,0000072	0,0004336	0,0027635
0,3817	0,041111	0,0001565	0,0000068	0,00041	0,0025965
0,59987	0,0044444	0,0000169	4,70E-07	0,0000282	0,0001773
0,85397	0,044444	0,0001692	0,0000033	0,0001981	0,0012352
2,581	0,08	0,0003045	0,000002	0,000118	0,0006961
4,3985	0,11444	0,0004356	0,0000017	0,000099	0,0005531
6,2414	0,17333	0,0006598	0,0000018	0,0001057	0,00056
7,5588	0,16778	0,0006386	0,0000014	0,0000845	0,0004317
8,91	0,19889	0,000757	0,0000014	0,000085	0,0004189
10,265	0,23444	0,0008924	0,0000014	0,0000869	0,000414
11,638	0,26333	0,0010023	0,0000014	0,0000861	0,0003965
13,002	0,28333	0,0010785	0,0000014	0,0000829	0,0003696
14,359	0,32556	0,0012392	0,0000014	0,0000863	0,0003727
15,735	0,34667	0,0013195	0,0000014	0,0000839	0,0003511
17,121	0,37444	0,0014253	0,0000014	0,0000832	0,0003382
18,541	0,39667	0,0015098	0,0000014	0,0000814	0,0003211
19,938	0,41889	0,0015944	0,0000013	0,00008	0,0003065
21,322	0,45556	0,001734	0,0000014	0,0000813	0,0003032
22,726	0,48889	0,0018609	0,0000014	0,0000819	0,0002971
24,132	0,52	0,0019793	0,0000014	0,000082	0,0002898
25,441	0,54444	0,0020723	0,0000014	0,0000815	0,0002809
26,833	0,59	0,0022457	0,0000014	0,0000837	0,0002815
28,22	0,59444	0,0022626	0,0000013	0,0000802	0,0002632
29,621	0,62111	0,0023641	0,0000013	0,0000798	0,0002558
31,014	0,65333	0,0024868	0,0000013	0,0000802	0,0002511

Average Darcy

Permeability Constant

= 4,72E-04

Golden Ártico - Natural

A: Flow in CC/SEC.

B: Specific Flow in LITERS/MIN/CM².

C: Flow in LITER/PSI/CM²/SEC.

D: Flow in LITER/PSI/CM²/MIN.

Natural

DIFFERENTIAL		FLOW RATE			PERMEABILITY
PRESSURE	A	B	C	D	DARCYS
PSI					
0,10083	0,06	0,0002284	0,0000377	0,002265	0,014542
0,10413	0,016667	0,0000634	0,0000102	0,0006092	0,003911
0,28215	0,017778	0,0000677	0,000004	0,0002398	0,0015304
0,46016	0,015556	0,0000592	0,0000021	0,0001287	0,0008162
0,71133	0,043333	0,0001649	0,0000039	0,0002319	0,0014586
0,9746	0,035556	0,0001353	0,0000023	0,0001389	0,0008659
1,2188	0,041111	0,0001565	0,0000021	0,0001284	0,0007943
1,4751	0,044444	0,0001692	0,0000019	0,0001147	0,0007036
1,7098	0,037778	0,0001438	0,0000014	0,0000841	0,0005121
1,9602	0,041111	0,0001565	0,0000013	0,0000798	0,0004822
3,9919	0,038889	0,000148	6,18E-07	0,0000371	0,0002104
5,8307	0,062222	0,0002368	6,77E-07	0,0000406	0,0002184
7,6927	0,062222	0,0002368	5,13E-07	0,0000308	0,0001573
9,0438	0,071111	0,0002707	4,99E-07	0,0000299	0,0001475
10,406	0,072222	0,0002749	4,40E-07	0,0000264	0,0001258
11,774	0,035556	0,0001353	1,92E-07	0,0000115	0,0000529
13,141	0,07	0,0002664	3,38E-07	0,0000203	0,0000903
14,502	0,066667	0,0002538	2,92E-07	0,0000175	0,0000755
15,884	0,08	0,0003045	3,20E-07	0,0000192	0,0000802
17,296	0,054444	0,0002072	2,00E-07	0,000012	0,0000486
18,689	0,061111	0,0002326	2,07E-07	0,0000124	0,0000491
20,088	0,053333	0,000203	1,68E-07	0,0000101	0,0000387
21,468	0,057778	0,0002199	1,71E-07	0,0000102	0,0000382
22,873	0,06	0,0002284	1,66E-07	0,00001	0,0000362
24,281	0,053333	0,000203	1,39E-07	0,0000084	0,0000295
25,603	0,067778	0,000258	1,68E-07	0,0000101	0,0000347
27,016	0,071111	0,0002707	1,67E-07	0,00001	0,0000337
28,409	0,063333	0,0002411	1,41E-07	0,0000085	0,0000278
29,812	0,067778	0,000258	1,44E-07	0,0000087	0,0000277
31,213	0,085556	0,0003257	1,74E-07	0,0000104	0,0000326

Average Darcy

Permeability

Constant = 1,56E-04

Golden Ártico - 50 ciclos

A: Flow in CC/SEC.

B: Specific Flow in LITERS/MIN/CM².

C: Flow in LITER/PSI/CM²/SEC.

D: Flow in LITER/PSI/CM²/MIN.

50 Ciclos

DIFFERENTIAL		FLOW RATE			PERMEABILITY
PRESSURE	A	B	C	D	DARCYS
PSI					
0,0154	0,03	0,0001142	0,0001236	0,0074149	0,047902
0,0198	0,018889	0,0000719	0,0000605	0,0036311	0,023454
0,023829	0,014444	0,000055	0,0000385	0,0023072	0,014901
0,02456	0,023333	0,0000888	0,0000603	0,0036162	0,023354
0,0253	0,014444	0,000055	0,0000362	0,0021731	0,014034
0,297	0,038889	0,000148	0,0000083	0,0004984	0,0031892
0,5225	0,038889	0,000148	0,0000047	0,0002833	0,0017991
0,7557	0,024444	0,000093	0,0000021	0,0001231	0,0007758
1,0006	0,024444	0,000093	0,0000015	0,000093	0,0005812
1,2555	0,052222	0,0001988	0,0000026	0,0001583	0,0009814
1,4942	0,018889	0,0000719	8,02E-07	0,0000481	0,000296
1,7475	0,052222	0,0001988	0,0000019	0,0001137	0,0006939
3,5141	0,065556	0,0002495	0,0000012	0,000071	0,0004099
5,3596	0,12	0,0004568	0,0000014	0,0000852	0,0004658
7,2142	0,12444	0,0004737	0,0000011	0,0000657	0,0003407
8,5642	0,15111	0,0005752	0,0000011	0,0000672	0,0003361
9,9227	0,14778	0,0005625	9,45E-07	0,0000567	0,0002738
11,289	0,15667	0,0005963	8,80E-07	0,0000528	0,0002466
12,656	0,17333	0,0006598	8,69E-07	0,0000521	0,0002354
14,022	0,19111	0,0007274	8,65E-07	0,0000519	0,0002269
15,404	0,21111	0,0008036	8,69E-07	0,0000522	0,0002211
16,783	0,23222	0,0008839	8,78E-07	0,0000527	0,0002166
18,193	0,23	0,0008755	8,02E-07	0,0000481	0,000192
19,59	0,27222	0,0010362	8,82E-07	0,0000529	0,000205
20,998	0,26667	0,001015	8,06E-07	0,0000483	0,0001822
22,377	0,28444	0,0010827	8,06E-07	0,0000484	0,0001775
23,779	0,30667	0,0011673	8,18E-07	0,0000491	0,0001753
25,106	0,32778	0,0012476	8,28E-07	0,0000497	0,0001731
26,507	0,34444	0,0013111	8,24E-07	0,0000495	0,000168
27,902	0,37111	0,0014126	8,44E-07	0,0000506	0,0001678
29,292	0,38	0,0014464	8,23E-07	0,0000494	0,0001598
30,693	0,4	0,0015225	8,27E-07	0,0000496	0,0001568

Average Darcy

Permeability

Constant = 3,78E-04

Golden Artículo - 100 ciclos

A: Flow in CC/SEC.

B: Specific Flow in LITERS/MIN/CM².

C: Flow in LITER/PSI/CM²/SEC.

D: Flow in LITER/PSI/CM²/MIN.

100 Ciclos

DIFFERENTIAL		FLOW RATE			PERMEABILITY
PRESSURE	A	B	C	D	DARCYS
PSI					
0,03887	0,052222	0,0001988	0,0000852	0,0051138	0,032807
0,04693	0,025556	0,0000973	0,0000345	0,0020727	0,013293
0,0473	0,013333	0,0000508	0,0000179	0,001073	0,0068814
0,19507	0,021111	0,0000804	0,0000069	0,0004119	0,0026288
0,3553	0,048889	0,0001861	0,0000087	0,0005237	0,0033244
0,59437	0,054444	0,0002072	0,0000058	0,0003487	0,0021955
0,84553	0,043333	0,0001649	0,0000033	0,0001951	0,0012182
1,0714	0,055556	0,0002115	0,0000033	0,0001974	0,0012235
1,3116	0,081111	0,0003087	0,0000039	0,0002354	0,0014478
1,5657	0,061111	0,0002326	0,0000025	0,0001486	0,0009063
1,8077	0,10111	0,0003849	0,0000035	0,0002129	0,0012888
2,0585	0,09	0,0003426	0,0000028	0,0001664	0,0009994
2,3049	0,083333	0,0003172	0,0000023	0,0001376	0,00082
4,3355	0,12111	0,000461	0,0000018	0,0001063	0,0005956
6,1571	0,16778	0,0006386	0,0000017	0,0001037	0,0005514
7,4668	0,20889	0,0007951	0,0000018	0,0001065	0,000546
8,8051	0,19	0,0007232	0,0000014	0,0000821	0,0004065
10,153	0,23	0,0008755	0,0000014	0,0000862	0,0004122
11,509	0,25	0,0009516	0,0000014	0,0000827	0,0003822
12,864	0,27222	0,0010362	0,0000013	0,0000805	0,0003604
14,217	0,30556	0,001163	0,0000014	0,0000818	0,0003548
15,592	0,34222	0,0013026	0,0000014	0,0000835	0,0003513
17,011	0,35889	0,001366	0,0000013	0,0000803	0,0003273
18,399	0,39444	0,0015014	0,0000014	0,0000816	0,000323
19,794	0,42333	0,0016113	0,0000014	0,0000814	0,0003131
21,167	0,44667	0,0017002	0,0000013	0,0000803	0,0003006
22,566	0,50111	0,0019074	0,0000014	0,0000845	0,0003078
23,963	0,50778	0,0019328	0,0000013	0,0000807	0,0002861
25,261	0,54222	0,0020639	0,0000014	0,0000817	0,0002829
26,658	0,56	0,0021315	0,0000013	0,00008	0,00027
28,039	0,59444	0,0022626	0,0000013	0,0000807	0,0002659
29,436	0,61889	0,0023557	0,0000013	0,00008	0,0002575
30,834	0,66444	0,0025291	0,0000014	0,000082	0,0002578

Average Darcy

Permeability

Constant = 4,88E-04

Porosimetria por Intrusão de Mercúrio

Juparana Bordeaux

Natural

		B1-1	B1-2	B1-3	B1-4	B1-5	B1-6	Média Amostra
Total Intrusion Volume =	mL/g	0,0027	0,0023	0,0023	0,0030	0,0033	0,0025	0,0027
Total Pore Area =	m²/g	0,619	0,631	0,650	0,723	0,718	0,628	0,6615
Median Pore Diameter (Volume)=	µm	0,0298	0,0197	0,0172	0,0242	0,0359	0,0227	0,0249
Median Pore Diameter (Area)=	µm	0,0083	0,0082	0,0085	0,0088	0,0075	0,0081	0,0082
Average Pore Diameter (4V/A)=	µm	0,0172	0,0145	0,0140	0,0166	0,0183	0,0156	0,0160
Bulk Density=	g/mL	2,662	2,562	2,625	2,645	2,568	2,654	2,6193
Apparent (skeletal) Density=	g/mL	2,681	2,577	2,641	2,666	2,590	2,671	2,6377
Porosity	%	0,708	0,585	0,595	0,792	0,842	0,652	0,6958
Stem Volume Used=	%	2	2	2	2	3	2	

50 ciclos

		B2-1	B2-2	B2-3	B2-4	B2-5	B2-6	Média Amostra
Total Intrusion Volume =	mL/g	0,0025	0,0023	0,0022	0,0023	0,0023	0,0025	0,0024
Total Pore Area =	m²/g	0,737	0,628	0,766	0,614	0,627	0,636	0,6680
Median Pore Diameter (Volume)=	µm	0,0163	0,0179	0,0122	0,021	0,0196	0,0216	0,0181
Median Pore Diameter (Area)=	µm	0,0084	0,0079	0,0078	0,0079	0,0084	0,0082	0,0081
Average Pore Diameter (4V/A)=	µm	0,0138	0,0145	0,0113	0,0149	0,0149	0,0155	0,0142
Bulk Density=	g/mL	2,640	2,649	2,689	2,659	2,646	2,623	2,6508
Apparent (skeletal) Density=	g/mL	2,658	2,665	2,704	2,676	2,662	2,640	2,6674
Porosity=	%	0,6708	0,6026	0,581	0,6073	0,6191	0,6462	0,6212
Stem Volume Used=	%	2	2	2	2	2	2	

Variação de diâmetro dos poros (Volume)	µm	0,0135	0,0018	0,0050	0,0032	0,0163	0,0011	0,0068
Variação de diâmetro dos poros (Area)	µm	-0,0001	0,0003	0,0007	0,0009	-0,0009	-0,0001	0,0001
Variação de Porosidade		-5,59%	2,97%	-2,46%	-30,38%	-36,05%	-0,96%	-12,02%

Branco Nevasca

Natural

		BN1-1	BN1-2	BN1-3	BN1-4	BN1-5	BN1-6	Media Amstras
Total Intrusion Volume =	mL/g	0,0035	0,0035	0,0036	0,0035	0,0033	0,0037	
Total Pore Area =	m ² /g	0,659	0,71	0,725	0,716	0,66	0,75	0,7033
Median Pore Diameter (Volume)=	μm	0,0576	0,0454	0,0507	0,0449	0,0464	0,0399	0,0475
Median Pore Diameter (Area)=	μm	0,0085	0,0086	0,0083	0,0085	0,0085	0,0086	0,0085
Average Pore Diameter (4V/A)=	μm	0,0215	0,0195	0,02	0,0198	0,0199	0,0196	0,0201
Bulk Density=	g/mL	2,655	2,586	2,623	2,587	2,619	2,584	2,6088
Apparent (skeletal) Density=	g/mL	2,680	2,609	2,648	2,611	2,642	2,609	2,6330
Porosity=	%	0,9383	0,8956	0,9501	0,9178	0,8601	0,9497	0,9186
Stem Volume Used=	%	3	3	3	3	3	3	

50 ciclos								
		BN2-1	BN2-2	BN2-3	BN2-4	BN2-5	BN2-6	Media Amstras
Total Intrusion Volume =	mL/g	0,0034		0,0035	0,0034		0,0035	0,0035
Total Pore Area =	m ² /g	0,734		0,730	0,767		0,693	0,7310
Median Pore Diameter (Volume)=	μm	0,0390		0,0430	0,0318		0,0487	0,0406
Median Pore Diameter (Area)=	μm	0,0083		0,008	0,0084		0,0085	0,0083
Average Pore Diameter (4V/A)=	μm	0,0187		0,0192	0,0178		0,0204	0,0190
Bulk Density=	g/mL	2,619		2,624	2,623		2,623	2,6222
Apparent (skeletal) Density=	g/mL	2,642		2,648	2,647		2,648	2,6463
Porosity=	%	0,8997		0,9189	0,8929		0,9272	0,9097
Stem Volume Used=	%	2		2	3		3	

Variação de diametro dos poros (V μm	0,0186	0,0077	0,0131	-0,0088	0,0069
Variação de diametro dos poros (A μm	0,0002	0,0003	0,0001	0,0001	0,0002
	0,039	0,031	0,025	0,023	0,009
Variação de Porosidade	-4,29%	-3,40%	-2,79%	-2,43%	-0,98%

Golden Artico

Natural

		G1-1	G1-2	G1-3	G1-4	G1-5	G1-6	Media Amostras
Volume Total de Intrusão (Natural)	mL/g	0,0032	0,0032	0,0033	0,0031	0,0032	0,0028	0,0031
Total Pore Area =	m²/g	0,609	0,551	0,511	0,513	0,58	0,499	0,5438
Median Pore Diameter (Volume)=	µm	0,0869	0,1106	0,1498	0,1409	0,101	0,1249	0,1190
Median Pore Diameter (Area)=	µm	0,0077	0,0077	0,0079	0,0077	0,0073	0,0075	0,0076
Average Pore Diameter (4V/A)=	µm	0,0207	0,023	0,0262	0,0245	0,0218	0,0223	0,0231
Bulk Density=	g/mL	2,682	2,665	2,638	2,658	2,634	2,645	2,6536
Apparent (skeletal) Density=	g/mL	2,705	2,688	2,662	2,680	2,656	2,664	2,6758
Porosity=	%	0,8472	0,8448	0,8836	0,8343	0,831	0,7377	0,8298
Stem Volume Used=	%	3	3	3	2	3	2	

50 ciclos

		G2-1	G2-2	G2-3	G2-4	G2-5	G2-6	Media Amostras
Volume Total de Intrusão (50 Ciclos)	mL/g	0,0032	0,0035	0,0025	0,0031	0,0032	0,0036	0,0032
Total Pore Area =	m²/g	0,631	0,57	0,581	0,553	0,581	0,558	0,5790
Median Pore Diameter (Volume)=	µm	0,0649	0,1206	0,0316	0,1211	0,1034	0,1517	0,0989
Median Pore Diameter (Area)=	µm	0,0078	0,0079	0,008	0,0074	0,0077	0,0079	0,0078
Average Pore Diameter (4V/A)=	µm	0,0201	0,0247	0,0171	0,0225	0,022	0,0259	0,0221
Bulk Density=	g/mL	2,639	2,659	2,623	2,625	2,661	2,621	2,6378
Apparent (skeletal) Density=	g/mL	2,661	2,684	2,640	2,646	2,684	2,646	2,6602
Porosity=	%	0,8379	0,9342	0,6534	0,8158	0,8521	0,948	0,8402
Stem Volume Used=	%	3	3	2	2	3	3	

Variação de diâmetro dos poros (Volume)

µm 0,0220 -0,0100 0,1182 0,0198 -0,0024 -0,0268 **0,0201**

Variação de diâmetro dos poros (Area)

µm -0,0001 -0,0002 -0,0001 0,0003 -0,0004 -0,0004 **-0,0002**
 0,009 -0,089 0,230 0,019 -0,021 -0,210 **-0,010**

Variação de Porosidade

-1,11% 9,57% -35,23% -2,27% 2,48% 22,18% **1,25%**

Exalação de Gás Radônio

Exalação de radônio - Estado Natural - 0 ciclos de alteração - Parte 1

Início do teste	Vt cont	Vbase	VI cont	A placa
02/11/2012 12:30	0,012	0,0003	0,0117	0,025

Amostra	Data/hora	T (horas)	T (dias)	CRn_Bk	CRn	T (°C)	Hum	P atm	% Rn _{eq}	CRn _{eq}	F (Bq/m ² /h)	F (Bq/h)
B01	19/11/2012 15:21	410,8	17,1	258	8402	17	61	1006	0,96	8765	9,3	0,23
B03	19/11/2012 13:33	409,0	17,0	205	6475	16	62	1006	0,96	6759	7,2	0,18
B04	19/11/2012 14:28	410,0	17,1	303	4800	17	62	1006	0,96	5009	5,1	0,13
B06	19/11/2012 14:53	410,4	17,1	419	6081	16	62	1006	0,96	6345	6,5	0,16
BN01	19/11/2012 15:50	411,3	17,1	119	347	17	61	1006	0,96	362	0,3	0,01
BN03	19/11/2012 16:22	411,9	17,2	166	1254	17	60	1006	0,96	1308	1,2	0,03
BN05	19/11/2012 14:03	409,5	17,1	199	1119	17	62	1006	0,96	1168	1,1	0,03
G01	19/11/2012 11:40	407,2	17,0	183	928	16	66	1007	0,96	969	0,9	0,02
G03	19/11/2012 12:39	408,1	17,0	237	812	16	64	1006	0,96	848	0,7	0,02
G05	19/11/2012 12:10	407,7	17,0	285	889	16	66	1007	0,96	928	0,7	0,02
G06	19/11/2012 13:08	408,6	17,0	197	574	16	63	1006	0,96	599	0,4	0,01

area das expostas: 250 cm² ou 0,025 m²

Area exposta polida: 150 cm² ou 0,015 m²

Vt Cont = volume do contentor (m³)

Vbase = volume da amostra (m³)

VI cont = volume contentor - amostra (m³)

A placa = Área da placa (m²)

Exalação de radônio - Estado Natural - 0 ciclos de alteração - Parte 2

Início do teste	Vt cont	Vbase	VI cont	A placa
19/11/2012 16:50	0,012	0,0003	0,0117	0,025

Amostra	Data/hora	T (horas)	T (dias)	CRn_Bk	CRn	T (°C)	Hum	P atm	% Rn _{eq}	CRn _{eq}	F (Bq/m ² /h)	F (Bq/h)
B02	03/12/2012 16:38	335,8	14,0	273	2993	12	66	1019	0,93	3233	3,8	0,09
B05	03/12/2012 17:10	336,3	14,0	541	3585	12	65	1019	0,93	3871	4,2	0,11
BN02	03/12/2012 18:28	337,6	14,1	177	2269	12	67	1019	0,93	2448	2,9	0,07
BN04	03/12/2012 15:47	334,9	14,0	80	814	13	64	1019	0,93	880	1,0	0,03
BN06	03/12/2012 17:37	336,8	14,0	279	2128	12	67	1019	0,93	2297	2,6	0,06
G02	03/12/2012 18:04	337,2	14,1	86	373	12	67	1019	0,93	402	0,4	0,01
G04	03/12/2012 16:12	335,4	14,0	192	914	13	64	1019	0,93	987	1,0	0,03

area das expostas: 250 cm² ou 0,025 m²

Area exposta polida: 150 cm² ou 0,015 m²

Vt Cont = volume do contentor (m³)

Vbase = volume da amostra (m³)

VI cont = volume contentor - amostra (m³)

A placa = Área da placa (m²)

Exalação de radônio - Estado Natural - 50 ciclos de alteração - Parte 1

Início do teste	Vt cont	Vbase	Vl cont	A placa
16/04/2013 12:30	0,012	0,0003	0,0117	0,025

Amostra	Data/hora	T (horas)	T (dias)	CRn_Bk	CRn	T (°C)	Hum	P atm	% Rn _{eq}	CRn _{eq}	F (Bq/m ² /h)	F (Bq/h)
B_01	30/04/2013 10:20	333,8	13,9	93	8841	16	59	1003	0,92	9560	12,3	0,31
B_02	30/04/2013 10:53	334,4	13,9	54	3090	16	59	1003	0,93	3340	4,2	0,11
B_03	30/04/2013 11:24	334,9	14,0	7	6265	17	57	1003	0,93	6770	8,7	0,22
B_04	30/04/2013 11:56	335,4	14,0	66	4344	19	51	1003	0,93	4693	6,0	0,15
B_05	30/04/2013 12:27	336,0	14,0	45	3306	19	51	1003	0,93	3570	4,5	0,11
B_06	30/04/2013 12:55	336,4	14,0	11	6395	19	51	1003	0,93	6904	8,9	0,22
G_03	30/04/2013 13:24	336,9	14,0	31	450	19	51	1003	0,93	486	0,6	0,01
G_04	30/04/2013 13:51	337,3	14,1	79	695	19	49	1003	0,93	750	0,9	0,02
G_05	30/04/2013 16:01	339,5	14,1	32	667	22	44	1003	0,93	719	0,9	0,02
G_06	30/04/2013 16:27	339,9	14,2	99	445	20	47	1003	0,93	479	0,5	0,01
BN_02	30/04/2013 16:55	340,4	14,2	61	2311	21	47	1003	0,93	2489	3,1	0,08
BN_03	30/04/2013 17:25	340,9	14,2	3	1142	21	47	1003	0,93	1230	1,6	0,04
BN_04	30/04/2013 17:55	341,4	14,2	125	764	21	48	1003	0,93	822	0,9	0,02
BN_05	30/04/2013 18:22	341,9	14,2	100	1267	21	48	1003	0,93	1363	1,6	0,04
BN_06	30/04/2013 18:49	342,3	14,3	73	2701	21	48	1003	0,93	2906	3,6	0,09

area das expostas: 250 cm² ou 0,025 m²

Area exposta polida: 150 cm² ou 0,015 m²

Vt Cont = volume do contentor (m³)

Vbase = volume da amostra (m³)

Vl cont = volume contentor - amostra (m³)

A placa = Área da placa (m²)

Exalação de radônio - Estado Natural - 50 ciclos de alteração - Parte 2

Início do teste	Vt cont	Vbase	Vl cont	A placa
30/04/2013 12:30	0,012	0,0003	0,0117	0,025

Amostra	Data/hora	T (horas)	T (dias)	CRn_Bk	CRn	T (°C)	Hum	P atm	% Rn _{eq}	CRn _{eq}	F (Bq/m ² /h)	F (Bq/h)
BN_01	14/05/2013 12:20	335,8	14,0	11	635	21	61	1003	0,93	686	0,9	0,02
G_01	14/05/2013 12:48	336,3	14,0	5	808	21	60	1003	0,93	872	1,1	0,03
G_02	14/05/2013 13:16	336,8	14,0	55	694	22	58	1003	0,93	749	0,9	0,02

area das expostas: 250 cm² ou 0,025 m²

Area exposta polida: 150 cm² ou 0,015 m²

Vt Cont = volume do contentor (m³)

Vbase = volume da amostra (m³)

Vl cont = volume contentor - amostra (m³)

A placa = Área da placa (m²)

Exalação de radônio - Estado Natural - 100 ciclos de alteração

Início do teste	Vt cont	Vbase	Vl cont	A placa
17/06/2013 17:00	0,012	0,0003	0,0117	0,025

Amostra	Data/hora	T (horas)	T (dias)	CRn_Bk	CRn	T (°C)	Hum	P atm	% Rn _{eq}	CRn _{eq}	F (Bq/m ² /h)	F (Bq/h)
B_01	01/07/2013 13:04	332,1	13,8	53	8496	26	56	1006	0,92	9197	11,9	0,30
B_03	01/07/2013 13:51	332,8	13,9	65	5515	27	54	1006	0,92	5967	7,7	0,19
B_04	01/07/2013 12:37	331,6	13,8	96	4434	25	58	1006	0,92	4801	6,1	0,15
B_05	01/07/2013 12:14	331,2	13,8	73	3572	23	60	1006	0,92	3869	4,9	0,12
B_06	01/07/2013 13:26	332,4	13,9	126	5601	26	55	1006	0,92	6062	7,7	0,19
BN_02	01/07/2013 15:20	334,3	13,9	31	1992	27	54	1006	0,93	2153	2,7	0,07
BN_03	01/07/2013 15:44	334,7	13,9	64	987	27	54	1006	0,93	1067	1,3	0,03
BN_04	01/07/2013 15:00	334,0	13,9	67	394	27	53	1006	0,92	426	0,5	0,01
BN_05	01/07/2013 14:37	333,6	13,9	24	1304	26	55	1006	0,92	1410	1,8	0,04
BN_06	01/07/2013 14:14	333,2	13,9	142	1632	26	54	1006	0,92	1765	2,1	0,05
G_01	01/07/2013 11:04	330,1	13,8	34	881	23	64	1005	0,92	955	1,2	0,03
G_03	01/07/2013 10:39	329,6	13,7	80	783	23	63	1006	0,92	849	1,0	0,02
G_04	01/07/2013 11:50	330,8	13,8	59	775	23	60	1006	0,92	840	1,0	0,03
G_05	01/07/2013 10:18	329,3	13,7	53	568	22	64	1006	0,92	616	0,7	0,02
G_06	01/07/2013 11:26	330,4	13,8	93	389	23	63	1005	0,92	422	0,4	0,01

area das expostas: 250 cm² ou 0,025 m²

Area exposta polida: 150 cm² ou 0,015 m²

Vt Cont = volume do contentor (m³)

Vbase = volume da amostra (m³)

Vl cont = volume contentor - amostra (m³)

A placa = Área da placa (m²)