



**Universidade Federal de Pernambuco - UFPE**  
**Centro de Tecnologia e Geociências**  
**Programa de Pós-Graduação em**  
**Engenharia Mineral**

**Lúcio Flávio Moreira Cavalcanti**

**GRANITO AZUL SUCURU: ESTUDO DA VIABILIDADE DE USO ATRAVÉS DA  
CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA**

Recife

2016

**Universidade Federal de Pernambuco - UFPE**  
**Centro de Tecnologia e Geociências**  
**Programa de Pós-Graduação em**  
**Engenharia Mineral**

**Lúcio Flávio Moreira Cavalcanti**

**GRANITO AZUL SUCURU: ESTUDO DA VIABILIDADE DE USO ATRAVÉS DA  
CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Mineral na área de concentração de Rochas Ornamentais.

Orientador: Prof. Dr. Evenildo Bezerra de Melo

Co-Orientadora: Prof<sup>a</sup> Dra. Felisbela Maria da Costa Oliveira

Recife  
2016

Catálogo na fonte

Bibliotecária Maria Luiza de Moura Ferreira, CRB-4 / 1469

C376g Cavalcanti, Lúcio Flávio Moreira.

Granito Azul Sucuru: estudo da viabilidade de uso através da caracterização tecnológica /Lúcio Flávio Moreira Cavalcanti. 2016.  
109 folhas, il.

Orientador: Prof. Dr. Evenildo Bezerra de Melo.  
Coorientadora: Profª Dra. Felisbela Maria da Costa Oliveira.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG.  
Programa de Pós-graduação em Engenharia Mineral, 2016.  
Inclui Referências.

1. Engenharia Mineral. 2. Desenvolvimento. 3. Meio ambiente. 4. Caracterização.  
5. Granito Azul Sucuru. 6. Britas. I. Melo, Evenildo Bezerra de (Orientador). II.  
Oliveira, Felisbela Maria da Costa (Coorientadora). III. Título.

622.35 CDD (22. ed.)

UFPE/BCTG/2016-108



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MINERAL**  
**PARECER DA COMISSÃO EXAMINADORA**

**DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM ENGENHARIA MINERAL**

**“GRANITO AZUL SUCURU: ESTUDO DA VIABILIDADE DE USO  
ATRAVÉS DA CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA”**

**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: ROCHAS ORNAMENTAIS**

A comissão examinadora composta pelos professores abaixo, sob a presidência do Dr. EVENILDO BEZERRA DE MELO.

**LÚCIO FLÁVIO MOREIRA CAVALCANTI, Aprovado.**

Recife, 25 de Janeiro de 2016.

---

Prof. Dr. EVENILDO BEZERRA DE MELO  
**Orientador (UFPE)**

---

Profa. Dra. FELISBELA MARIA DA COSTA OLIVEIRA  
**Coorientadora (UFPE)**

---

Prof. Dr. ALMANY COSTA SANTOS  
**Examinador Externo (UFPE)**

---

Prof. Dr. MÁRCIO LUIZ DE SIQUEIRA CAMPOS BARROS  
**Examinador Interno (UFPE)**

*“É exatamente disso que a vida é feita, de momentos.  
Momentos que temos que passar, sendo bons ou ruins, para o nosso próprio  
aprendizado.*

*Nunca esquecendo do mais importante: Nada nessa vida é por acaso.  
Absolutamente nada. Por isso, temos que nos preocupar em fazer a nossa parte, da  
melhor forma possível.*

*A vida nem sempre segue a nossa vontade,  
mas ela é perfeita naquilo que tem que ser.”*

*Chico Xavier*

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente agradeço a Deus, por guiar minha vida e hoje permitir a conclusão de mais uma etapa de minha vida.

A minha mãe Maria do Carmo Moreira Cavalcanti pela dedicação permanente na busca por dar as melhores oportunidades aos seus filhos e garantir que eles pudessem ter acesso ao conhecimento e propiciando o amadurecimento pessoal e profissional, formando cidadãos de bem.

A meu grande amigo e companheiro Helio Santana Garcia Soto, que sempre esteve comigo, incentivando-me e auxiliando-me nesta tarefa tão árdua na busca de meus ideais.

A minha tia Socorro Rodrigues Cirino pelo carinho, acolhimento e apoio que sempre me deu ao longo de toda essa caminhada.

Ao professor e amigo Evenildo Bezerra de Melo pelo apoio, generosidade, amizade e consideração. pela orientação sempre pronta, pelas críticas (sempre construtivas) e ensinamentos.

A minha co-orientadora e amiga Felisbela Maria Costa de Oliveira, pela sua atenção, apoio, generosidade e amizade.

Ao professor Almany Costa Santos pela disponibilidade e atenção em participar da banca dessa dissertação.

Aos Professores a pelos valiosos conhecimentos repassados e conselhos sempre muito importantes para caminhada de um Engenheiro de Minas.

A Professora Lucila Ester pelas sugestões pertinentes na dissertação e disponibilidade em ajudar.

Para o desenvolvimento dessa pesquisa, o apoio financeiro da bolsa fornecida pela capes foi de fundamental importância em todas as etapas da pós-graduação.

Enfim, por reconhecer a importância das muitas pessoas que estiveram envolvidas direta ou indiretamente devo agradecer a todos, mesmo aos que por ventura não tenham sido citados, pois, fizeram parte do desenvolvimento dessa pesquisa.

## RESUMO

A preocupação ambiental tem se tornado comum nas empresas de mineração que buscam conciliar o desenvolvimento frente às questões de sustentabilidade. Diante disso, busca-se neste breve estudo apresentar possibilidades de um melhor aproveitamento dos rejeitos do Granito Sucuru, cuja jazida encontra-se desativada, a qual se situa na região do Cariri Paraibano, no município de Sumé, PB. A proposta de estudo teve como objetivo o desenvolvimento da cadeia produtiva da região analisada e preservação do ambiente, buscando ao longo desse estudo mitigar os efeitos dos impactos ambientais gerados e a necessidade de dar uma destinação econômica aos rejeitos gerados pelas atividades da cadeia produtiva da região, objetivando criar uma área de deposição comum para os estoques remanescentes do rejeito, dando a estes uma destinação econômica, gerando ocupação e renda a comunidade local, ao tempo em que atenua os impactos ambientais gerados pela exploração do granito Azul Sucuru na região de Sumé, PB. Assim, a pesquisa do campo ambiental e da mineralogia das rochas industriais abrangeu a observação direta da área analisada, a pesquisa bibliográfica voltada aos estudos ambientais e a sua possível interface com os estudos das aplicações de rochas industriais para a construção civil, os ensaios laboratoriais, que analisaram os índices físicos, a análise granulométrica da rocha, investigações de microscopia em seções delgadas e também em grãos, complementados por análises de difratometria de raios X. Portanto, com esse estudo é possível se analisar uma melhor viabilidade econômica e ambiental da área compreendida pelo Granito Sucuru, na qual os rejeitos possam ser aproveitados sob a forma de brita e argamassa para a indústria, além de poder ser usado na forma de rocha ornamental e de revestimento sendo aplicada em revestimentos internos e/ou externos, seja em áreas secas e/ou úmidas e também em pisos de grande intensidade de pisoteio. Ainda, os rejeitos do “Azul Sucuru” podem ter aproveitamento sob a forma de brita para construção civil, apesar de apresentar 27% de britas de forma alongada. Isto não seria empecilho para uso na confecção de concretos desde que cuidados devam ser tomados quanto à forma e dimensão do grão para evitar que as mesmas fiquem presas entre as barras de aço que compõem a armadura e dificultem o adensamento do concreto, podendo causar problemas como segregação da mistura e vazios nas fôrmas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Desenvolvimento, meio ambiente, caracterização, Granito Azul Sucuru, britas.

## **ABSTRACT**

Environmental concern has become commonplace in the mining companies seeking to reconcile the forward development to sustainability issues . Therefore , we seek to present this brief study possibilities for a better use of the Granite Sucuru waste , whose field is turned off, which is located in Paraíba Cariri region , in the municipality of Sumé , PB . The study proposal was aimed at the development of the productive chain of the analyzed region and preserving the environment, seeking throughout this study mitigate the effects of the generated environmental impacts and the need to give an economic allocation of the waste generated by the activities of the production chain in the region , aimed at creating a common deposition area for the remaining stocks of the waste, giving them an economic destination, generating jobs and income to the local community, to the time that mitigates the environmental impacts generated by the exploitation of granite Blue Sucuru in Sumé region PB. So research the environmental field and mineralogy of industrial rocks covered the direct observation of the analyzed area, the literature focused on environmental studies and their possible interface with the studies of applications of industrial rocks for construction, laboratory testing, who analyzed the physical indices, the particle size analysis of rock, microscopy investigations into thin sections and also in grains, supplemented by diffraction analysis X-ray Therefore, with this study it is possible to analyze a better economic and environmental viability of understood area by Sucuru granite, in which the wastes can be recovered in the form of crushed stone and mortar industry and can also be used as ornamental rock and coating being applied in internal and / or external cladding, either in dry areas and / or wet and also in intensive trampling floors. Also, the rejects of the " Blue Sucuru " may have use in the form of crushed rock , building construction , despite having 27% of gravel elongated . This would be no bar to use in the making of concrete since care should be taken in form and grain size to prevent them from becoming trapped between the steel bars

that make up the armor and hinder the consolidation of concrete and can cause problems such as segregation of the mixture and the empty molds.

**KEYWORDS:** development , environment , characterization , Granite Blue Sucuru , gravel .

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Decomposição da cadeia produtiva principal do setor de rochas ornamentais	22
Figura 2: Localização aproximada da área licenciada em relação aos acessos	26
Figura 3: Vista parcial da vegetação típica de capoeira em volta do dique granítico	28
Figura 4: Localização Geotectônica Zona Transversal. Eixo do Alto Estrutural Teixeira aproximado pela linha tracejada. Definições do Lineamento Patos (LP) e do Lineamento Pernambuco (LPE)	39
Figura 5: Feições topográficas das reservas graníticas em relação a superfície regional	41
Figura 6: Embasamento gnáissico, litologia encaixante do dique	42
Figura 7: Matacões em situação de lavra	43
Figura 8: Presença de enorme quantidade de rejeitos	44
Figura 9: Contexto Geológico do Granito Azul Sucuru	45
Figura 10: Variação do brilho	51
Figura 11: Equipamento utilizado para determinar a resistência a compressão uniaxial	56
Figura 12: Equipamento para execução do ensaio de resistência ao desgaste abrasivo tipo Amsler	57
Figura 13: Equipamento utilizado para medição do brilho	57
Figura 14: Corpos do Granito Azul Sucuru submersos	58
Figura 15: Estufa de secagem	60
Figura 16: Corpos de prova sendo retirados da estufa	62
Figura 17: Pesagem do material após secagem utilizando a balança de precisão	63
Figura 18: Britador MAQBRIT	64
Figura 19: Fragmentos do Granito Azul Sucuru	64

Figura 20: Peneiras utilizadas para separar as frações de brita	66
Figura 21: Lupa Binocular utilizada nas análises	67
Figura 22: Microscópio óptico	68
Figura 23: Equipamento utilizado para gerar os difratogramas	69
Figura 24: Perfil Topográfico do Granito Azul	70
Figura 25: Bloco de partição 1, na área de Riacho do Buraco	71
Figura 26: Bloco de partição 2, na área de Riacho do Buraco	72
Figura 27: Bloco de partição 3, na área de Pedra d'Água	73
Figura 28: Bloco de partição, na área Riacho do Buraco	74
Figura 29: Bloco de partição, oriundo da área de Engenho Velho	75
Figura 30: Bloco de partição, na área de Boqueirão	76
Figura 31: Classificação das formas de agregados	80
Figura 32: Amostras do Granito Sucuru com Granulometria >2mm e equipamento utilizado	82
Figura 33: Amostras analisadas na lupa Binocular	82
Figura 34: Microscópio Eletrônico utilizado para analisar as lâminas delgadas	83
Figura 35: Fotomicrografia 1, Lâmina da área Riacho do Buraco	84
Figura 36: Fotomicrografia 2, lâmina da área de Riacho do Buraco	84
Figura 37: Fotomicrografia 3, lâmina da área de Riacho do Buraco	85
Figura 38: Fotomicrografia 4, Lâmina da área Boqueirão	85
Figura 39: Fotomicrografia 5, presença da cordierita no material, com nicois cruzados	86
Figura 40: Fotomicrografia 6	86
Figura 41: Fotomicrografia 7	87
Figura 42: Fotomicrografia 8, Lâmina da área Sucuru	87
Figura 43: Fotomicrografia 9, Lâmina da área Sucuru	88
Figura 44: Difratograma 1	96

Figura 45: Difratoograma 2	97
Figura 46: Difratoograma 3	98
Figura 47: Difratoograma 4	99
Figura 48: Difratoograma 5	100
Figura 49: Difratoograma 6	101
Figura 50: Difratoograma 7	102

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Área Várzea da Onça	30
Tabela 2: Área Sucuru	32
Tabela 3: Várzea do Estêvão	32
Tabela 4: Riacho do Buraco	33
Tabela 5: Resultado do peneiramento do pó da brita do material	66
Tabela 6: Dimensões e formas das britas	80
Tabela 7: Minerais observados na lupa binocular	83
Tabela 8: Ficha de Análise Petrográfica do “Granito Azul Sucuru”	88
Tabela 9: Índices Físicos	91
Tabela 10: Resistência ao desgaste	93
Tabela 11: Classificação das rochas de acordo com a resistência à compressão uniaxial	94

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro1:</b> Parte da folha sb.24-2-d-v (Sumé)	47
---	----

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>16</b>
1.1	Justificativa	18
1.2	Objetivos	18
1.2.1	Objetivos Gerais	18
1.2.2	Objetivos Específicos	18
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	<b>20</b>
2.1	Conceito Rocha Ornamental e de Revestimentos	20
2.2	Cadeia Produtiva de Rochas Ornamentais	23
2.3	Aplicação de Rochas Ornamentais na Construção Civil	23
2.4	Área de Estudo do Azul Sucuru	25
2.4.1	Localização e Acesso	25
2.4.2	Aspectos Fisiográficos	26
2.4.2.1	Clima	26
2.4.2.2	Hidrografia	27
2.4.2.3	Flora e Fauna	27
2.5	Identificação das Áreas	30
2.6	Aspectos Sócio-Econômicos da Região	34
2.7	Infra-Estrutura Básica da Região	35
2.8	Aspectos Geológicos	36
2.8.1	Generalidades	36
2.8.2	Geomorfologia	40
2.8.3	Geologia Local e Regional	41
2.9	Aspectos Tecnológicos da Produção do Granito Sucuru	43
2.9.1	Lavra	44

2.10 Aspectos Estruturais e Mineralógicos do Granito Sucuru	45
2.11 Ensaio Tecnológicos	49
2.11.1 Índices Físicos (NBR 12.766)	49
2.11.2 Desgaste Amsler (NBR 12.042)	49
2.11.3 Resistência a Compressão Uniaxial (NBR 12767)	50
2.11.4 Brilho	50
2.12 Aplicação de Rejeitos de Granitos na Construção Civil	51
2.13 Análise Granulométrica de Agregados de Rochas	53
2.14 Difração de Raios-X	53
<b>3 METODOLOGIA</b>	<b>55</b>
3.1 Levantamento de Campo	55
3.2 Ensaio Tecnológicos do Granito Sucuru	55
3.2.1 Índices Físicos	55
3.2.2 Desgaste Amsler	60
3.2.3 Resistência a Compressão Uniaxial	61
3.2.4 Brilho	62
3.3 Análise Granulométrica do Material	63
3.4 Análise Petrográfica	67
3.5 Difração de Raios-X	68
<b>4 DISCUSSÃO E RESULTADOS</b>	<b>70</b>
4.1 Levantamento de Campo	70
4.2 Caracterização do Granito Sucuru	77
4.2.1. Análise Granulométrica	77
4.2.2 Descrição Petrográfica	81
4.3. Ensaio Tecnológicos	90
4.3.1 Índices Físicos	91
4.3.2 Desgaste Amsler	92

4.3.3. Resistência à Compressão Uniaxial	93
4.3.4. Medição do Brilho	94
4.4 Difração de Raios-X	95
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>104</b>
<b>6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>106</b>



## 1 INTRODUÇÃO

A mineração é uma atividade indispensável no atual modelo econômico em que se encontra a sociedade, ou seja, é algo inerente à sobrevivência desse grupo social em constante mutação. Assim sendo, a importância assumida pelos bens minerais se adequa a várias atividades humanas, das mais básicas como habitação, construção, saneamento básico, transporte, agricultura, às mais sofisticadas como tecnologia de ponta, em várias áreas do conhecimento.

A mineração é um dos setores básicos da economia do país, contribuindo de forma decisiva para o bem estar e a melhoria da qualidade de vida das presentes e futuras gerações, sendo fundamental para o desenvolvimento de uma sociedade equânime, desde que seja operada com responsabilidade social, estando sempre presentes os preceitos do desenvolvimento sustentável (FARIAS, 2002).

Entretanto a mineração é considerada uma das atividades mais impactantes ao meio ambiente, apresentando impactos causadores de: degradação visual da paisagem, do solo, do relevo, alterações na qualidade das águas, transtornos gerados às populações que habitam o entorno dos projetos minerários e a saúde das pessoas, inclusive naquelas diretamente envolvidas no empreendimento. Conseqüentemente apresenta-se como um desafio ao conceito de desenvolvimento sustentável, uma vez que a atividade minerária retira da natureza recursos naturais exauríveis.

Na Paraíba, estudos sobre mármore e granitos, com a finalidade de uso como materiais de revestimento na construção civil surgiram no início da década de 80, através da CDRM – Companhia de Desenvolvimento de recursos minerais, com o Projeto Mármore e Granitos da Paraíba e outros que o sucederam, sempre com o objetivo de identificar, avaliar e quantificar jazimentos dessas rochas, fontes de matéria-prima para a produção de blocos, primeiro estágio da cadeia produtiva da indústria de rochas ornamentais.

Desse estudo, resultou a descoberta de tipos de granito entre os quais o Sucuru (motivo do presente estudo), com tonalidades de cor azul, que por sua raridade e beleza logo fez sucesso no mercado externo. Sua exploração, feita a céu aberto, método de lavra que apresenta menor custo operacional, trouxe, no entanto, uma maior susceptibilidade à ação intempérica e danos ambientais, incluindo

presença de grande quantidade de rejeitos de matacões menores. É uma rocha esteticamente nobre, devido à presença de cristais azul de quartzo e de cordierita associados, disseminados numa matriz escura constituída de minerais máficos.

A pedreira desse material encontra-se desativada apresentando matacões abandonados, tornando o empreendimento obsoleto e com aspectos ambientais negativos. Para melhoria dessa realidade, faz-se necessário um estudo quantitativo e qualitativo do litotipo, analisando-se características mineralógicas, petrográficas e estruturais buscando entender o comportamento físico-mecânico da rocha, na expectativa de alternativas para aplicações otimizadas, seja como rocha ornamental, seja como agregados para construção civil, ao que se adicionam caracterizações sobre alterabilidade e microfissuramento do material.

A exemplo da situação atual, as crises pertinentes às oscilações do mercado de matéria-prima, exigem que indústrias, governos e sociedade civil tomem decisões no que diz respeito à questão ambiental, buscando novas formas de aproveitamento de rejeitos. No caso específico do Granito Sucuru, deve-se buscar uma nova forma de reutilização de rejeitos com a finalidade de reaproveitar sob forma de material britado, que seria utilizado como agregado na construção civil. minimizando dessa forma, o impacto ambiental na área de exploração.

Portanto, torna-se essencial a compatibilização da mineração, atividade primária de extrema importância para o desenvolvimento da sociedade, com as questões de preservação e gestão eficiente do meio ambiente e seus recursos, a fim de equacionar o desenvolvimento das atividades econômicas sucedâneas, sobretudo no setor industrial, que utiliza os insumos básicos, garantindo o desenvolvimento integrado, em harmonia com a manutenção da boa qualidade ambiental para as gerações futuras.

## **1.1 JUSTIFICATIVA**

A lavra do Granito Sucuru devido a presença de fraturamento e microfissuramento gera uma enorme quantidade de rejeitos na fase de extração. Tal fato permite sugerir a serragem de blocos menores fora das especificações de mercado em equipamento tipo talha-blocos, visando a produção de peças padronizadas, de acordo com as exigências de mercado. Desta forma poderia se aproveitar estes rejeitos que, destinados de forma inadequada, causam impactos negativos no meio ambiente. O reaproveitamento destes rejeitos, como revestimentos externos e internos, pisos e paredes e das sobras como insumos básicos aplicados na construção civil (principalmente sob a forma de brita) e também de forma ornamental artística, pode trazer uma série de benefícios, tais como: minimização dos impactos ambientais negativos, geração de co-produtos a partir do aproveitamento desses rejeitos, geração de emprego, renda e desenvolvimento local, tornando a atividade ambientalmente e economicamente mais viável, transformando um passivo ambiental em uma oportunidade de grande desenvolvimento para a localidade.

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 OBJETIVOS GERAIS**

A pesquisa busca como objetivos gerais analisar, dentro do contexto ambiental, as atividades de extração e beneficiamento do Granito Sucuru no município de Serra Branca - PB; busca formas de beneficiar os maciços em teares menores, além de propor medidas mitigadoras para os impactos ambientais negativos decorrentes desta atividade, em cada uma de suas etapas, bem como a realização de um estudo para promover o aproveitamento dos matacões existentes na área, além de buscar a existência do maciço rochoso, possibilitando uma melhor aplicabilidade na produção de chapas para um melhor aproveitamento do material.

### **1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Assim sendo, durante a pesquisa busca-se especificamente:

- Realização de revisão bibliográfica de trabalhos que aborde esse tema;

- Identificação da área do Granito Sucuru, quantificando os maciços e rejeitos existentes no campo de estudo, através de levantamento geológico e estrutural da rocha em questão;
- Caracterização mineralógica, petrográfica e microfissuramento do material em questão;
- Realização estudos que visem determinar possíveis aplicações deste material, como insumos básicos para a construção civil;
- Determinação dos índices físicos e características mecânicas, de modo a verificar se o granito azul sucuru adequa-se aos padrões e especificações do mercado de rochas ornamentais.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nossa sociedade vive um constante desenvolvimento tecnológico, que proporciona diversas formas de aproveitar rejeitos oriundos de lavra de rochas ornamentais, fazendo com que esse material seja comercializado, e ainda, apresente novas utilizações, demandadas pelo mercado, as quais viabilizam soluções estéticas, funcionais e confiáveis na construção civil, fazendo com que essas aplicações tornem o meio ambiente menos degradado.

No caso do “Granito Azul Sucuru”, percebe-se que a lavra quando em atividade, foi submetida às mais variadas solicitações (naturais e artificiais) que provoca perda de resistência mecânica, fissuração, manchamento e mudanças de coloração, devido a ação do tempo e de exploração.

Nesse capítulo, dá-se um enfoque maior a caracterização da rocha industrial, conhecida como “granito” Azul Sucuru esclarecendo-se, por oportuno, que a expressão “granito” é uma denominação genérica para rochas silicáticas, utilizada sobejamente na exploração de rochas ornamentais, mas que carece de detalhamento terminológico para harmonizar com as notações utilizadas na petrologia ígnea, ou magmática (vide Classificação de Streickeisen,). Aborda-se a fundamentação teórica e, ainda busca-se o estudo das características tecnológicas do material e sua adequação às condições ambientais, com um enfoque particular aos granitos por se tratar de um dos tipos de rochas mais intensamente explorada no nosso país, como material de construção e como rocha ornamental.

### 2.1 Conceito Rocha Ornamental e de Revestimento

Rochas ornamentais e de revestimentos são materiais geológicos que podem ser extraídos na forma de blocos ou placas, cortados em formas variadas, dependendo do beneficiamento. Assim, o conceito de rocha ornamental depende do método de extração e sua aplicabilidade, conforme vários autores conceituam rochas ornamentais e de revestimento.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) define rocha ornamental como uma substância rochosa natural que, submetida a diferentes graus de

modelamento ou beneficiamento, pode ser utilizada como uma função estética qualquer.

Rocha de revestimento, por sua vez, é qualificada pela ABNT, como material rochoso passível de desdobramentos e beneficiamentos diversos com emprego em acabamentos de superfícies de paredes e pisos em construções civis.

A American Society for Testing and Materials (ASTM), órgão normatizador americano, define dimension stone (pedra ornamental) como qualquer material rochoso natural serrado, cortado em chapas e fatiado em placas, com ou sem acabamento mecânico, excluindo produtos acabados baseados em agregados artificialmente constituídos, compostos de fragmentos e pedras moídas e quebradas.

Segundo a ABIROCHAS (2001, p 37), as rochas ornamentais e de revestimento, também designadas pedras naturais, rochas lapídeas, rochas dimensionais e materiais de cantaria, abrangem os tipos litológicos que podem ser extraídos em blocos ou placas, cortados em formas variadas e beneficiados através de esquadrejamento, polimento, lustro, etc.

Frascá (2002), com base nos conceitos da ABNT (1995) e ASTM (2003), entende rocha para revestimento como “um produto de desmonte de materiais rochosos e de seu subsequente desdobramento em chapas, posteriormente polidas e cortadas em placas”.

Logo, percebe-se que todas essas definições convergem para o processo de extração e aplicabilidade desse tipo de rocha. Assim, qualquer rocha que possa ser extraída na forma de blocos, pode ser considerada como rocha ornamental ou de revestimento.

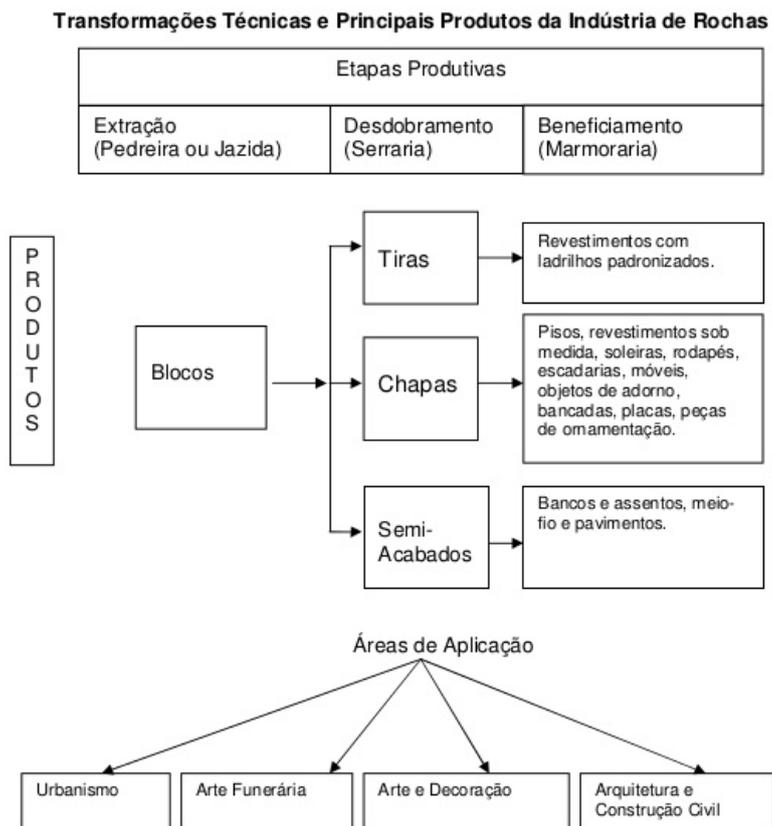
## **2.2 Cadeia Produtiva de Rochas Ornamentais**

O Brasil é um país que abriga todas as atividades da cadeia produtiva de rochas ornamentais, tendo como principais produtos os mármore e granitos de diferentes tipos. A cadeia produtiva do Setor de Rochas Ornamentais envolve a extração de blocos de rocha a partir de jazidas tipo matacões ou maciços (ou uma combinação dos dois), o desdobramento de blocos em chapas e seu beneficiamento de face e o corte dessas chapas em formas e dimensões convenientes a cada tipo

de aplicação. As mineradoras se encarregam da extração, as serrarias do desdobramento e as marmorarias do beneficiamento, sendo comum, entretanto, empresas verticalizarem parcial ou integralmente suas atividades, indo muitas vezes da extração de blocos à produção de acabados.

A cadeia produtiva de rochas ornamentais e de revestimento é composta de duas etapas: extração (mineração) e beneficiamento (desdobramento e acabamento). O processo produtivo envolve a extração de matéria-prima na forma de blocos (5 a 8 m<sup>3</sup> em média), seu desdobramento por serragem e a preparação de produtos semi-acabados (chapas), ou finais (placas dimensionadas, ladrilhos, objetos decorativos), nas próprias serrarias ou em marmorarias (Mello, 2001). Observe figura 1:

**Figura 1:** Decomposição da cadeia produtiva principal do setor de rochas ornamentais



Fonte: Villaschi Filho e Pinto, 2000 apud Spinola (2003).

Inicialmente, a lavra é executada por empresas extratoras, para obtenção de blocos; em seguida, nas serrarias ocorre o processo de desdobramento, onde há o corte dos blocos. É o momento onde o bloco já extraído é cortado em chapas,

representando a primeira etapa do processo de beneficiamento. Compreende o corte de blocos brutos em chapas, por meio de equipamentos denominados teares, ou em tiras e ladrilhos por meio de talha-bloco para a produção de ladrilhos. Os teares, embora derivados de modelos, que inicialmente eram utilizados apenas para cortar mármore, hoje suportam grandes esforços e são capazes de serrar materiais de alta dureza, como granitos e quartzitos. Esses teares funcionam a base de insumos industriais como: granalha, lâminas e lama abrasiva as quais são elementos indispensáveis à serragem de blocos. Portanto, o conhecimento de cada um desses elementos é fundamental no beneficiamento primário de blocos de rochas ornamentais. Finalmente, é dado um tratamento de superfície as chapas nas marmorarias, onde acontece o “toque” final ao produto de acordo com a demanda da indústria, ou seja, uma elaboração mais refinada do produto que foi extraído, cortado e agora trabalhado mais em detalhe. O último processo de transformação ocorre nas marmorarias, cujos principais produtos são materiais de revestimento interno e externo para as construções, além de peças isoladas como bancadas, soleiras, rodapés e objetos de decoração.

Assim, percebe-se que para um maior avanço desse setor, precisa-se da melhoria de equipamentos que possam dar uma melhor maximização da produção, além de desenvolvimento de tecnologias que possam mitigar impactos ambientais gerados através dessa produção. Tal atividade desenvolve não só a cadeia produtiva principal bem como aquelas da cadeia produtiva de apoio como prestação de serviços, equipamentos, enfim de toda a economia da região.

### **2.3 Aplicação de Rochas Ornamentais na Construção Civil**

Segundo Vidal (2002), estas duas categorias de rochas respondem largamente pelas variedades de rochas ornamentais e de revestimento comercializadas, representando cerca de 80% da produção mundial. No Brasil, dados da ABIROCHAS/CETEM (2002) indicam que os “granitos” correspondem a 57% da produção nacional de rochas ornamentais, enquanto apenas 19% são relativos aos “mármore”.

Sabe-se ainda que existem outras categorias de rochas ornamentais e de revestimentos como : os quartzitos, as ardósias, os serpentinitos, os esteatitos, os arenitos e os conglomerados.

Assim, a seleção da rocha como agregado estrutural ou de revestimento requer um conhecimento de suas propriedades específicas, desde a fase estrutural até ensaios físicos, químicos e de alterabilidade seguindo as normas inerentes. A caracterização de rochas ornamentais e de revestimento, deve atender as suas solicitações de uso, definindo sua qualificação e viabilidade de aplicação no mercado.

Segundo definição técnica de Tanno(apud SINTONI, 2003), brita ou pedra britada para construção civil é o produto do processo de cominuição de vários tipos de rochas. Brita é um termo utilizado para denominar fragmentos de rochas duras, originários de processos de beneficiamento (britagem e peneiramento) de blocos maiores, extraídos de maciços rochosos (granito, gnaisse, basalto, calcário) com auxílio de explosivos. Trata-se de um material de uso amplo e diversificado na indústria da construção civil em aplicações como: concreto, pavimentação, edificações, obras civis (ferrovias, túneis, barragens), obras de infraestrutura (saneamento básico).

Para Alencar et. al. (1996 apud RIBEIRO, 2005), as aplicações das rochas ornamentais podem ser reunidas em quatro principais grupos: Arquitetura e construção (grupo de maior expressão financeira), construção e revestimento de elementos urbanos, Arte funerária, Arte e Decoração.

Encontradas facilmente na natureza, as rochas podem ser usadas como insumos na construção civil, na forma de brita e são consideradas recursos minerais abundantes. Mas, toda riqueza desse bem mineral requer um devido cuidado, pois, nem toda rocha ornamental e de revestimento gera brita de qualidade para os usos, sejam como concreto ou argamassa,.Para tanto é necessário a britagem da rocha, a classificação do tamanho dos agregados obtidos, análise da granulometria do material e, se houver necessidade realização de ensaio microscópico para observação da presença de minerais máficos e/ou deformados que possam alterar a qualidade do material.Outro fator importante, é o custo de transporte da pedreira aos

centros de distribuição ou ao consumidor final que encarece o preço. O ideal é que a brita deva ser proximamente da região consumidora, gerando emprego e renda para a localidade. Outro fator importante, é que a mineração de brita não agrediria tanto ao meio ambiente, em relação a extração de outros minerais. Como nas atividades de extração mineral o principal fator negativo é o paisagístico, que agride a região nos aspectos fisiográficos, principalmente por estarem as pedreiras situadas na zona rural.

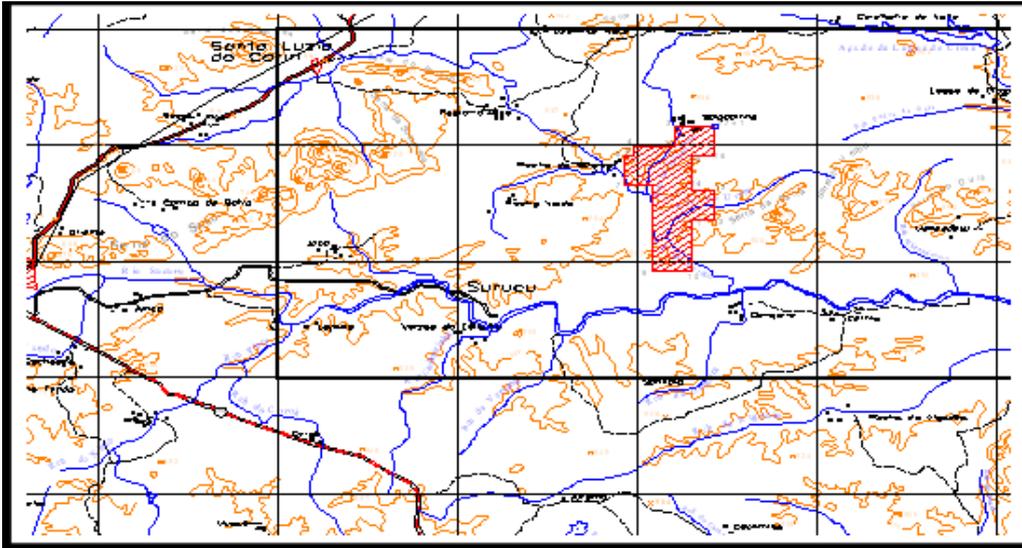
## **2.4 Área de Estudo do Azul Sucuru**

### **2.4.1 Localização e Acesso**

A área correspondente ao estudo geoeconômico de que trata este trabalho está localizada na porção centro – sul do Estado da Paraíba, na sub-região denominada Cariris Velhos, mais precisamente nas localidades Sítio Riacho do Buraco, Pedra D'água, Boqueirão e Sucuru, Distrito de Sucuru, Município de Serra Branca, no mesmo estado.

O acesso ao local, tomando-se como ponto de partida a Cidade de Campina Grande – PB é feito através da Rodovia BR-230, no sentido Oeste, até o entroncamento com a Rodovia BR-412, em um percurso de 30 km. A partir deste entroncamento e por esta segunda Rodovia, no sentido Sudoeste, segue-se até o km 90, após a sede do Município de Serra Branca – PB. A partir daí, por uma estrada carroçável, percorre-se mais 15 km, na direção do Distrito de Sucuru, onde está situada a área da jazida e conseqüentemente, os diques do granito azul, objetos deste estudo. A figura 2 (Mapa de Localização da Área e Acesso) mostra o posicionamento da área da pesquisa.

**Figura 2-** Localização aproximada da área licenciada em relação aos acessos.



Fonte: Mapa de Sumé (Ref.: SB.24-Z-D-V – SUDENE-Escala 1:100.000–Digitalizada pela AESA).

O percurso descrito acima totaliza 135 km, sendo que 120 km percorrem-se por rodovias pavimentadas.

As distâncias desta localidade, aos portos de CABEDELLO-PB e RECIFE-PE totalizam 280 e 390 km, respectivamente, permitindo o transporte de blocos por rodovias durante 8 a 9 meses no ano, sem problemas. A exceção se faz aos meses de março, abril e maio, que correspondem ao período chuvoso, onde os 15 km da estrada carroçável que liga a área à BR-412 oferecem algumas dificuldades.

## 2.4.2 Aspectos Fisiográficos

### 2.4.2.1 Clima

Na região que abrange as áreas do Granito Sucuru, predomina o clima sub-desértico quente de tendência tropical, o qual corresponde ao Clima Semiárido quente com chuvas de Verão (BS<sub>h</sub>), na classificação de KOPPEN (1984).

A região em destaque é caracterizada por precipitações médias anuais inferiores aos 400 mm, registrando-se, mais a leste, no município de Cabaceiras, as menores precipitações médias anuais do território brasileiro (250 mm). Na época mais seca do ano as temperaturas atingem normalmente 36<sup>0</sup> C e com temperatura média anual da ordem de 28<sup>0</sup> C.

#### **2.4.2.2 Hidrografia**

A área em estudo está localizada em uma região que faz parte integrante da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba, mais precisamente na sub-bacia tributária do Rio Sucuru, sendo drenada pelos riachos Salgadinho e Urubu, ambos afluentes do Riacho do Buraco.

A rede hidrográfica apresenta caráter intermitente, sujeita ao sazonalismo climático. Durante o período de estiagem os cursos d'água são interrompidos e os leitos dos rios e riachos secam completamente, provocando sensível baixa no nível freático. No período chuvoso, os mesmos transbordam, enchendo barragens, açudes e lagos que se constituem nos reservatórios disponíveis às comunidades, animais domésticos e silvestres da região, para uso nos períodos de estiagens prolongadas.

A pequena profundidade dos solos e sua baixa permeabilidade são fatores diretamente responsáveis pela ocorrência de grandes cheias no período chuvoso e descarga nula no período de estiagem.

Com relação às águas subterrâneas, a vazão média dos poços cadastrados nestes municípios é relativamente baixa. O potencial hídrico em profundidade fica restrito aos aluviões localizados nos leitos dos rios e riachos mencionados anteriormente e às águas acumuladas nas fraturas de rochas cristalinas (aqüíferos fissurados).

O potencial hídrico superficial da região apresenta-se baixo, influenciado por fatores adversos, como solos arenosos pouco espessos, escoamento torrencial, além da má distribuição pluviométrica.

#### **2.4.2.3 Flora e Fauna**

Na área da pesquisa a vegetação varia de espécies herbáceas a arbustivas, pouco densa, com predomínio de uma vegetação típica de capoeira, antropizada pelas atividades agropastoris. De um modo geral, a composição florística é diversificada, típica da caatinga, composta por espécies lenhosas, espinhosas, microfoliadas e entremeadas de cactáceas, fixadas em solos rasos e pedregosos.

Em termos regionais, observam-se algumas espécies arbóreas (Ex: Juazeiro - *Zizyphusjoazeiro.*, Mulungu - *Erythrina velutina.*) e uma predominância arbustiva (Ex: Jurema Preta - *Mimosa hostilisBenth*) e cactáceas (Ex: Coroa de Frade - *Melocactusbahiensis*). No que tange às espécies introduzidas verifica-se a presença marcante da algaroba (*Prosopisjuliflora*) e mais escassamente, o Aveloz (*Euphorbiatirucalli L.*).

**Figura 3** - Vista parcial da vegetação típica de capoeira em volta do dique granítico.



Fonte: Próprio autor.

Este ecossistema tem sofrido alterações freqüentes nos últimos anos, principalmente, através de desmatamentos associados com queimadas para atividades agrícolas, pastoreio e retirada de madeiras, com a destruição de habitats, diminuindo, conseqüentemente, as populações faunísticas, sobretudo dos animais de maior porte.

Quanto à fauna, constatou-se que tanto no contexto local quanto no regional, não há presença de espécies de valor excepcional ou exóticas, para a sua conservação. Os impactos mais significativos gerados com a instalação e operacionalização deste projeto estão relacionados à destruição de biótipos e no aumento dos níveis de perturbação, que determinará o afastamento das espécies mais sensíveis à presença humana das áreas da lavra.

A quase totalidade da região encontra-se recoberta pela vegetação de caatinga, em ambiente caracterizado por temperaturas muito elevadas, umidades relativas médias e precipitações pluviométricas médias anuais baixas. Estes fatores associados às condições de solos pedregosos e níveis altimétricos acima de 500 m determinam a predominância deste tipo vegetacional (FERRI, 1980).

As variações destes fatores climáticos, edáfico e geomorfológico exercem grande importância nos padrões fisionômicos e de distribuição da flora. A cobertura vegetal é constituída de espécies Arbóreas e Arbustivas distribuídas de forma errática no terreno, sobre um extrato herbáceo. Este conjunto é consequência natural do meio adverso, condicionado, inclusive, à dominância de espécies de maior poder de adaptação. Sua composição florística é bastante simples, observando-se baixa biodiversidade de espécies.

Nestas áreas foram observadas grandes quantidades de cactáceas, leguminosas e bromeliáceas. As espécies que se destacam são: jurema preta, mufumbo, marmeleiro, xique-xique, velame, macambira de lajedo, unha-de-gato, angico preto, jurema branca e juazeiro, entre outras.

Entre os recursos naturais deste ecossistema encontra-se uma fauna representada por conjunto de animais que ocupam este espaço geográfico e interagem entre si e com os demais componentes ambientais.

As alterações antrópicas que este ecossistema vem sofrendo nos últimos anos, principalmente com desmatamento através de queimadas para a implantação de atividades agrícolas, pastoreio e retirada de madeiras acarretam a destruição de habitats, consequentemente diminuindo as populações faunísticas, sobretudo dos animais de maior porte.

A Ornitofauna local encontra-se representada principalmente pela rolinha, tetéu, cibito, anum preto, rouxinol, carcará, entre outros.

Dos répteis que habitam a região os mais conhecidos são o calango, camaleão, tejo e as cobras coral, cascavel, jararaca, etc.

Os mamíferos são representados principalmente pelo preá, peba, gato do mato, mocó, gambá, furão, tatu, raposa dentre outros.

## 2.5 Identificação das Áreas

A jazida do Granito Sucuru compreende quatro áreas: Boqueirão (Área I) Engenho Velho (Área II) Pedra d'Água (Área III) e Riacho do Buraco (Área IV) com superfícies (áreas reduzidas) medindo 515 (quinhentos e quinze) ha, 850 (oitocentos e cinquenta) ha, 583 (quinhentos e oitenta e três) ha e 587 (quinhentos e oitenta e sete) ha, respectivamente, todas no município de Serra Branca, Estado da Paraíba.

As áreas estão plotadas no Mapa de Localização (parte da folha cartográfica da SUDENE, escala 1:100.000 SB.24-Z-D-V SUMÉ/ 1972 (Fig.01). Constam de polígonos, cujos lados obedecem às direções N-S ou E-W verdadeiras e cujo vértice 1, em cada caso, está demarcado a partir de um ponto único de amarração, fixado na confluência do Riacho da Gangorra com o Rio Sucuru, com coordenadas geográficas  $07^{\circ} 40' 30,3''$  S e  $36^{\circ} 43' 51,9''$  W.

Complementando, os comprimentos (em metros) e os rumos (verdadeiros) dos lados de cada polígono e as distâncias (em metros) do vértice 1 ao ponto de amarração, que definem os limites de cada área da jazida são os adiante apresentados:

### ÁREA I (Várzea da Onça ( Boqueirão) – DNPM 840.137/1985)

**É limitada por um polígono de dezesseis lados, com o vértice 1 distando 4.100 m no rumo verdadeiro  $30^{\circ} 30'$  NW do ponto de amarração. Os lados do polígono, a partir do vértice 1, possuem os seguintes comprimentos e rumos verdadeiros:**

**Tabela 1:** Área Várzea da Onça.

VÉRTICE	LADO	LATITUDE	LONGITUDE
PA = V1	1 – 2	$-07^{\circ}38'35''305$	$-36^{\circ}44'59''794$
V2	2 – 3	$-07^{\circ}38'51''581$	$-36^{\circ}44'59''794$

<b>3 – 4</b>	<b>3 – 4</b>	-07°38'51"581	-36°45'06"320
<b>4 – 5</b>	<b>4 – 5</b>	-07°39'07"856	-36°45'06"320
<b>4 – 6</b>	<b>4 – 6</b>	-07°39'07"856	-36°45'16"108
<b>6 – 7</b>	<b>6 – 7</b>	-07°39'43"663	-36°45'16"108
<b>7 – 8</b>	<b>7 – 8</b>	-07°39'43"663	-36°44'59"794
<b>8 – 9</b>	<b>8 – 9</b>	-07°40'06"449	-36°44'59"794
<b>9 – 10</b>	<b>9 – 10</b>	-07°40'06"448	-36°45'48"738
<b>11 – 12</b>	<b>11 – 12</b>	-07°40'45"510	-36°45'48"739
<b>12 – 13</b>	<b>12 – 13</b>	-07°40'45"509	-36°46'05"054
<b>13 – 14</b>	<b>13 – 14</b>	-07°38'54"834	-36°46'05"049
<b>14 – 15</b>	<b>14 – 15</b>	-07°38'54"835	-36°45'55"261
<b>15 – 16</b>	<b>15 – 16</b>	-07°38'41"814	-36°45'55"261
<b>16 – 1</b>	<b>16 – 1</b>	-07°38'41"815	-36°45'19"371

Fonte: Próprio autor.

### **ÁREA II (Sucuru (Engenho Velho) – DNPM 840.138/85)**

Limitada por um polígono de oito lados, com o vértice 1 situado a 5.025 m no rumo verdadeiro 54 18' NW do ponto de amarração; os lados do polígono, a partir do vértice 1, possuem os seguintes comprimentos e rumos verdadeiros:

**Tabela 2:** Área Sucuru

<b>VÉRTICE</b>	<b>LADO</b>	<b>LATITUDE</b>	<b>LONGITUDE</b>
PA = V1	1-2	-07°38'54"844	-36°46'05"044
V2	2-3	-07°40'48"774	-36°46'05"044
3-4	3-4	-07°40'48"774	-36°46'21"359
4-5	4-5	-07°41'37"601	-36°46'21"360
5-6	5-6	-07°41'37"600	-36°46'53"991
6-7	6-7	-07°40'48"773	-36°46'53"989
7-8	7-8	-07°40'48"772	-36°47'10"304
8-1	8-1	-07°38'54"843	-36°47'10"299

Fonte: Próprio autor.

### **ÁREA III (Várzea do Estêvão ( Pedra d'Água) – DNPM 840.139/85)**

Limitada por um polígono de dezoito lados, com o vértice 1 situado a 47.058 m no rumo verdadeiro  $59^{\circ} 30' 00''$  do ponto de amarração; os lados do polígono, a partir do vértice 1, possuem os seguintes comprimentos e rumos verdadeiros:

**Tabela 3:** Várzea do Estêvão

<b>Vértice</b>	<b>LADO</b>	<b>LATITUDE</b>	<b>LONGITUDE</b>
PA = V1	1-2	-07°38'33"682	-36°47'10"318
V2	2-3	-07°40'34"122	-36°47'10"318
3-4	3-4	-07°40'34"121	-36°47'36"422
4-5	4-5	-07°40'50"397	-36°47'36"422
5-6	5-6	-07°40'50"397	-36°47'26"633
6-7	6-7	-07°41'16"438	-36°47'26"633
7-8	7-8	-07°41'16"437	-36°48'15"579
8-9	8-9	-07°40'50"396	-36°48'15"578
9-10	9-10	-07°40'50"397	-36°47'56"000

10-11	10-11	-07°40'17"845	-36°47'55"999
11-12	11-12	-07°40'17"845	-36°48'15"577
12-13	12-13	-07°39'38"783	-36°48'15"575
13-14	13-14	-07°39'38"784	-36°47'55"998
14-15	14-15	-07°39'29"018	-36°47'55"998
15-16	15-16	-07°39'29"019	-36°47'39"684
16-17	16-17	-07°39'12"743	-36°47'39"683
17 – 18	17 – 18	-07°39'12"743	-36°47'20"106
18 – 1	18 – 1	-07°38'33"682	-36°47'20"106

Fonte: Próprio autor.

#### ÁREA IV (Riacho do Buraco – DNPM 840.352/86)

Limitada por um polígono de seis lados, com o vértice 1 situado a 5.705 m no rumo verdadeiro 06 00'00" NW do ponto de amarração; os lados do polígono, a partir do vértice 1, possuem os seguintes comprimentos e rumos verdadeiros:

**Tabela 4:** Riacho do Buraco

Vértice	LADO	Latitude	Longitude
PA = V1	1-2	°37'25"611	-36°44'11"356
V2	2-3	-07°37'25"611	-36°44'40"719
3	3-4	-07°37'48"397	-36°44'40"719
4-5	4-5	-07°37'48"396	-36°45'10"083
5-6	5-6	-07°37'58"162	-36°45'10"083
6-7	6-7	-07°37'58"162	-36°45'16"609
7-8	7-8	-07°38'30"713	-36°45'16"610
8-9	8-9	-07°38'30"714	-36°44'57"034
9-10	9-10	-07°40'08"368	-36°44'57"037
10-11	10-11	-07°40'08"368	-36°44'27"670

11-12	11-12	-07°39'09"776	-36°44'27"670
12-13	12-13	-07°39'09"776	-36°44'11"356
13-14	13-14	-07°38'37"225	-36°44'11"356
14-15	14-15	-07°38'37"225	-36°44'27"669
15-16	15-16	-07°37'58"163	-36°44'27"669
16-1	16-1	-07°37'58"163	-36°44'11"356

Fonte: Próprio autor.

## 2.6 Aspectos Sócio-Econômicos da Região

A economia dos municípios de Serra Branca e Sumé, localizados na porção centro sul do Estado da Paraíba, sub-região denominada Cariris Velhos é baseada principalmente nas atividades agropecuárias. Os principais produtos agrícolas são: algodão, arroz, feijão, milho, banana, coco, manga e caju.

As atividades agropecuárias são dependentes de fatores climáticos, sujeitas às frequentes irregularidades pluviométricas. Neste contexto se percebe facilmente a fragilidade da economia local, que está representada por uma agricultura de subsistência e por uma pecuária caracterizada por um baixo rendimento, reflexo da ausência de técnicas de manejo adequada, e se baseia na criação de bovinos, caprinos, suínos e ovinos, que contribuem com uma pequena produção de laticínios (queijo e manteiga).

Os baixos índices pluviométricos obrigam o homem do campo e trabalhar apenas nas planícies de inundação dos rios e riachos, bem como, nas vazantes dos açudes.

O nível de instrução escolar da população é ainda baixo, caracterizado mesmo por um grande número de analfabetos. No entanto, nos municípios de Sumé e Serra Branca existem estabelecimentos de ensino fundamental e médio, sendo que no Distrito de Sucuru há somente uma unidade de ensino fundamental.

## 2.7 Infra-Estrutura Básica da Região

O município de Serra Branca possui uma população de cerca de 13.000 habitantes, segundo o Censo de 2010 de IBGE.

A sede municipal é servida por um sistema de abastecimento d'água tratada pela CAGEPA, proveniente do açude público de Serra Branca. Na área da lavra a água pode ser obtida em cacimbas, pequenos açudes e poços amazonas e tubulares localizados nos aluviões do Riacho do Buraco.

A sede municipal dispõe ainda de um serviço regular de energia elétrica, gerada pela CHESF e comercializada pela SAELPA, que atende a sede do município e diversas localidades da zona rural, através de redes de baixa e alta tensão. Nas proximidades das áreas do Sucuru, a cerca de 500 m, ao sul, corre uma linha de alta tensão.

O abastecimento de combustíveis nas áreas é considerado satisfatório, com 04 postos de combustível situado na sede do município de Sumé os quais revendem gasolina, óleo diesel e lubrificante.

Quanto às comunicações, o município dispõe de uma Agência dos Correios, e uma estação de radiodifusão instalada na sede do município.

Com relação aos transportes, o município é servido pela rodovia federal de pavimento asfáltico (BR-412) e por rodovias carroçáveis municipais. A sede municipal não dispõe de linhas urbanas, sendo este serviço realizado por caminhonetes e automóveis particulares de aluguel. Com relação ao transporte intermunicipal, a sede do município é relativamente bem servida, com várias linhas de ônibus que fazem o transporte coletivo até a cidade de Campina Grande e João Pessoa, que ligam a outros centros urbanos.

A sede municipal conta com uma agência do Banco do Brasil, um hotel simples, uma pequena rede de restaurantes, oficinas especializadas em reparos de equipamentos agrícolas e alguns estabelecimentos comerciais, voltados para a venda de materiais e alimentos.

Portanto, a infraestrutura básica disponível no Município, pode ser considerada como regular para a instalação frentes de lavra do granito ornamental, sobretudo

porque as áreas referidas estão situadas a apenas 30 km do perímetro urbano de Serra Branca.

## 2.8 Aspectos Geológicos

### 2.8.1 Generalidades

A evolução dos conhecimentos geológicos da região começou com a necessidade de estudos sobre água subterrânea, a exemplo de que pode-se citar os seguintes: EBERT (1961) tratou os aspectos hidrogeológicos do Cariri Paraibano, fez alusão a núcleos **Arqueanos**, identificou dobras comprimidas com direção geral E – W e falhas de empurrão, com comportamento tectônico diferenciado da região do Rio Grande do Norte. SIQUEIRA (1963) estabeleceu a **Formação Cabaceiras**, composta de amfibólio-gnaisses, ortognaisses e biotita-gnaisses, pertencente ao **Arqueano** e em discordância com as rochas da **Série Ceará**.

Além desses estudos específicos da região, existem vários outros trabalhos de abrangência regional para o Nordeste, entre os quais podemos citar alguns que acredita-se ser mais importantes: GRANDALL (1910) foi o primeiro a estabelecer um conceito estratigráfico para as rochas da região Nordeste e definiu a **Série Ceará** como constituída de xistos, quartzitos e mármore, atribuindo-lhe Idade Paleozóica. MORAES (1924) descreveu a **Série Ceará**, dando o nome de **Xisto Seridó** à parte superior desta Série. ROLFF (1945) aborda aspectos da Geologia estrutural e dos fenômenos de granitização, além de fazer um estudo amplo sobre os pegmatitos da Paraíba e Rio Grande do Norte.

Outros trabalhos sucederam a estes nos anos posteriores e o quadro estratigráfico inicialmente proposto sofreu várias modificações. DANTAS E CAÚLA (1982), estabeleceram um quadro geral para o Estado da Paraíba, no qual aparecem duas grandes unidades. O Pré-Cambriano Superior, um pacote metassedimentar constituído pelo Grupo Seridó e unidades correlatas (gnaisses e xistos indiferenciados) e pelo Grupo Cachoeirinha (filitos, xistos e baixo grau metamórfico).

A província Borborema é a macro-unidade geológica do Nordeste Oriental, motivo pelo qual se faz necessária uma síntese do conhecimento sobre sua evolução. Conforme vários autores a definem.

Almeida et al (1977) introduziu o termo Província Borborema para definir a Região de Dobramentos Nordeste alcançada pela Orogênese Brasileira.

Brito Neves (1975), reuniu dados bibliográficos sobre a geologia do pré-cambriano do Nordeste Oriental e difundiu o modelo tectônico de faixas de dobramento e maciços medianos, adotado para o território da União Soviética, desde as décadas de 1950 e 1960.

Melo (2004), nos revela que discutiam-se também, dois outros modelos geotectônicos: “geossinclinal” (defendido pelos geólogos franceses para a Europa Ocidental) e “*mobilebelts*” (aplicado no continente africano, aos cinturões pré-cambrianos de alto grau, desde a década de 1970, principalmente pelos geólogos ingleses e da África do Sul).

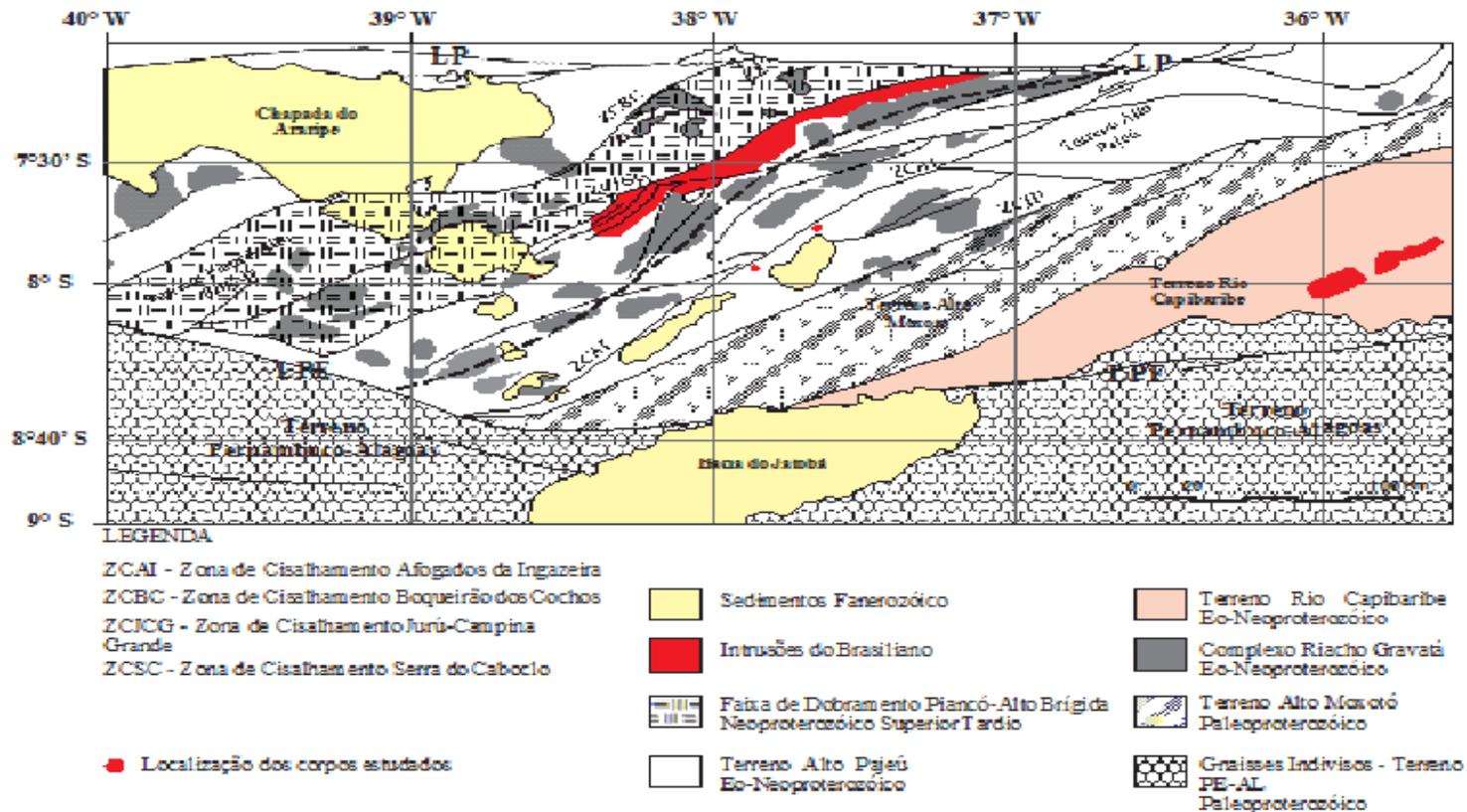
Brito Neves (*op.cit.*) estabeleceu a regionalização geotectônica do Nordeste Oriental, alocando na região os núcleos cratônicos, os maciços medianos, as faixas de dobramento, enfatizando também os lineamentos.

Brito Neves (1983) utilizando como limites os traços dos principais cisalhamentos ou falhas, e destacando a sua importância, subdividiu a província Borborema em cinco domínios geológicos: Médio Coreá, Sergipano, Central, Jaguaribe a norte e Centro Oriental. Estes dois últimos ocupam posição intermediária e os dois primeiros são mais externos e próximos aos núcleos cratônicos. O Domínio Central, com orientação NE-SW, corresponde à Zona Transversal (Ebert, 1970 apud Melo, 2004).

A figura abaixo apresenta em escala regional, as direções encontradas no trabalho em escala local. Traduz, ou expressa, portanto, as orientações estruturais e os marcadores de deformação das rochas intrudidas. Assim, há cisalhamentos verticalizados segundo NE-SW (predominante em Sucurú) aos quais se associam fraturas de distensão quase horizontalizadas, e quase verticalizadas, sendo estas últimas, segundo direções NW-SE a ESE-WNW (aproximadamente transversais às direções NE-SW supracitadas). Daí, o par cisalhante (ou fraturas de Riedel), quando a rocha alcança o estágio rúptil, ou frágil-rúptil, respeitarão as direções dos cisalhamentos NE-SW (cisalhamentos ou lineamentos Afogados da Ingazeira e associados) e E-W (Zonas de Cisalhamento ou lineamentos Patos e Pernambuco), esta, com susceptibilidade de variar a ESE-WNW. Portanto, numa região com

desenvolvimento policíclico, uma direção de distensão, que serviu para acomodar uma intrusão na forma de dique, pode vir a ser utilizada como alvo prioritário de cisalhamento tipo Riedel.

**Figura 4:** Localização Geotectônica na Zona Transversal. Eixo do Alto Estrutural Teixeira aproximado pela linha tracejada. Definições do Lineamento Patos (LP) e do Lineamento Pernambuco (LPE).



Fonte: Melo, 2004

De acordo com a figura 4, observa-se que o Granito Azul Sucuru situa-se no Terreno Alto do Pajeú, no Lineamento Patos.

## 2.8.2 Geomorfologia

Na micro-região do Cariri paraibano predomina um conjunto geomorfológico formado por estruturas geológicas elevadas, intercaladas por superfícies aplainadas a suavemente onduladas.

As estruturas elevadas apresentam formas e dimensões irregulares, com cotas que chegam a 840m, na Serra da Suçuarana e outras como a Serra do Saco, Serra da Barra e Serra do Urubu, com altitudes de 740m, 670m e 680m, respectivamente. Estas estruturas apresentam feições alongadas, direções preferenciais no sentido SSW-NNE, enquanto que, nas superfícies aplainadas, identificadas por Meunier como superfície das “Chapadas”, que atualmente estão sendo dissecadas, através dos processos erosivos, com vales tendendo a forma de “U”, próximos de atingir o estágio de maturidade.

As formas de relevo predominantes na área pesquisada e circunvizinhanças são resultantes da ação do intemperismo físico-químico e da erosão sobre as estruturas tectônicas pré-existentes e sobre os diferentes litotipos, que a eles reagiram de forma diferenciada.

A altitude média do Planalto da Borborema, em termos regionais, é da ordem de 500 metros, sendo mais elevada na porção norte, resultando em uma superfície suavemente inclinada para sul, derivados de elevados processos erosivos no Eoceno.

Os principais acidentes topográficos que se destacam sobre a superfície pediplanizada correspondem às Serras da Suçuarana e do Buraco na porção norte da área pesquisada e, como elementos topográficos de feições alongadas de menor expressão, os diques “graníticos”, objeto deste estudo.

Os cursos d’água também desempenham um papel fundamental na modelação do relevo, atuando nos processos de erosão, transporte de sólidos e deposição dos sedimentos.

Na região, a drenagem principal adquire um porte mais denso e assume um padrão dendrítico e, com certo controle estrutural ocorrem os sulcamentos dos relevos, resultando feições onduladas, onde os pontos de máxima depressão coincidem com os leitos das drenagens.

Na localidade de Riacho do Buraco, as expressões topográficas mais expressivas são formadas por uma seqüência de diques de rochas sienograníticas, pesquisadas e avaliadas como reservas do Granito Azul Sucuru. Estes diques formam pequenos morros alongados, com formas laterais convexas, orientados na direção SSW-NNE, que se destacam das áreas arrasadas por apresentarem superfícies planares a onduladas, como predomínio de litologias migmatíticas, gnaissicas e ortognaissicas da Formação Sumé. (CDRM, 1998)

Figura 5 – Feições topográficas das reservas graníticas, em relação a superfície regional.



Fonte: Próprio Autor.

### **2.8.3 Geologia Local e Regional**

Segundo o Programa de Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil, CPRM, 1998, a região objeto deste projeto de lavra está posicionada no interior de uma unidade geotectônica, denominada de Terreno Alto Moxotó e, mais especificamente, por litologias do Complexo Sumé, constituídas por gnaisses, ortognaisses e migmatitos, calcários metamórficos, faixas de anfibolitos, ortognaisses e migmatitos e rochas plutônicas granulares, na forma de stocks, com pouca ou nenhuma expressão topográfica e rochas graníticas filonianas.

**Figura 6** – Embasamento gnáissico, litologia encaixante do dique.



Fonte: Próprio Autor.

Neste contexto ocorrem estruturas rochosas, na forma de diques intrusivos, pós-tectônicos, discordantes, deformados e encaixados em rochas migmatíticas e gnáissicas do embasamento pré-cambriano, sob a forma de diques verticalizados a subverticalizados, orientados na direção N-S, constituídos por amontoados de matacões, posicionados sobre os diques ou parcialmente deslocados.

Petrograficamente, esta rocha apresenta uma textura porfirítica, de composição sienogranítica, constituída por feldspatos, variando de branco a róseo, quartzo azul, associado com cordierita ( conforme contribuição deste trabalho), distribuídos em uma matriz composta de biotita e hornblenda.

Estudos petrográficos situam o Granito Sucuru no campo das rochas ácidas, contendo em média: 40% de microclina, 30% de quartzo, 20% de oligoclásio, 5% de biotita e 5% divididos entre hornblenda, fluorita, minerais máficos e minerais acessórios (titanita, clorita, ortita, zircão, calcita e opacos).

Figura 7 - Matacões em situação de lavra.



Fonte: Próprio Autor

Esta rocha foi pesquisada e testada no mercado, com a denominação comercial de Granito Azul Sucuru, que tem como elemento diferenciador cristais alongados de quartzo associados com cordierita, proporcionando na chapa polida um arranjo cristalográfico de rara beleza estética. Estas estruturas geológicas possuem comprimento máximo de 1.000 metros e larguras médias, da ordem de 15-20 metros.

## 2.9 Aspectos Tecnológicos da Produção do Granito Sucuru

O Granito Sucuru, pelas suas características estético-decorativas e raridade se enquadra no grupo dos granitos brasileiros de primeira linha, tipo exportação e é bastante conhecido, tanto no mercado interno como no externo, em especial no Europeu, para onde foi exportado durante um longo período, até meados da década de 90. Nesse período, foram produzidos cerca de 6.400 m<sup>3</sup>, estimando-se que destes, 90% foram comercializados no mercado externo sob a forma de blocos aparelhados.

### 2.9.1 Lavra

A lavra do granito Azul Sucuru é feita pelo modo à céu aberto, onde o material de interesse é extraído através das tecnologias de fio diamantado e perfuração contínua associada com argamassa expansiva, com o objetivo de retirar blocos com especificidades adequadas ao mercado produtor, mas pelo fato dessa rocha apresentar cristais de quartzo em sua estrutura e, ainda ser bastante fraturada, resulta ao litotipo extraído dificuldades para atendimento às especificações mercadológicas exigidas, de acordo com a figura abaixo. Assim, a lavra apresenta uma grande quantidade de blocos de tamanhos inadequados, aumentando a quantidade de rejeito e deixando o ambiente com um aspecto bastante degradado.

**Figura 8:** Presença de enorme quantidade de rejeitos

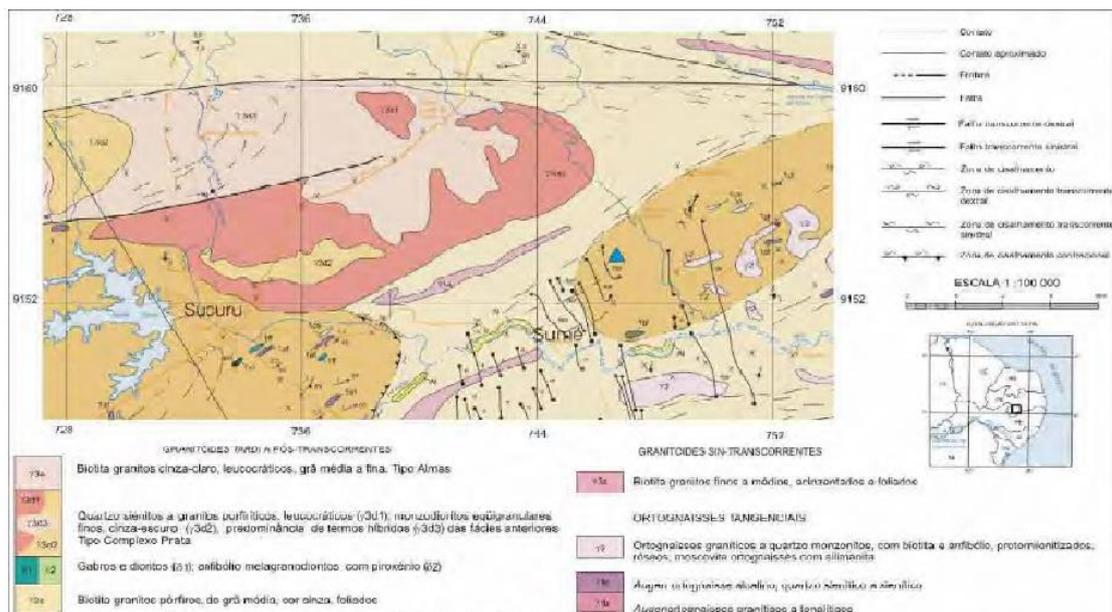


Fonte: Próprio Autor.

## 2.10 Aspectos Estruturais e Mineralógicos do Granito Sucuru

Os trabalhos realizados no âmbito do projeto Sumé (CPRM, 2000) inserem essa ocorrência no Sistema de Dobramentos Pajeú-Paraíba, onde se identifica os complexos Gnáissico-Aluminoso Sertânia, Sumé e Surubim-Caroalina, conforme se observa na figura 9:

Figura 9: Contexto Geológico do Granito Azul Sucuru.



Fonte: CPRM, 2000.

De acordo com visita de campo realizada nas ocorrências do granito Azul Sucuru, constata-se que a área de ocorrência dos enxames de diques referentes ao granito Sucuru ocupa uma superfície de aproximadamente 150Km<sup>2</sup>, limitada ao leste pela Vila do Carmo, ao oeste pelo Sítio Campo Verde, ao norte pelo Sítio Salgadinho, e ao sul pelo povoado de Caroá, nos municípios de Sumé e Serra Branca. Analisados todos os diques, o número alcança cerca de uma centena de corpos expostos, a maioria deles considerados no cálculo das reservas.

Os corpos do granito Sucuru são na realidade segmentos de diques outrora mais contínuos, que se apresentam em geral com expressão topográfica bem visível nas fotografias aéreas e no campo, marcados pelo empilhamento de matacões com formas e tamanhos variados. Estão direcionados para N-S, com variações para NNE, NNW e NW, mergulhos tendentes à verticalidade e encaixados em litologias

dos complexos Sertânia e Sumé, especialmente em gnaisses leucocráticos com anfíbolitos associados.

As interrupções ou separações dos diques, bem como os deslocamentos e contorções verificadas, foram causadas por falhamentos com direções preferenciais NE-SW, presentes em toda a área de ocorrência, mormente na porção N, onde a movimentação estrutural foi intensa. Os movimentos dextrógiros e sinistrógiros das falhas com disposição em cunha provocaram um esforço compressivo transversal a direção original dos diques, dando como resultado a configuração atual. Nos contatos dos diques com as rochas encaixantes são observados frequentemente estiramentos de cristais e efeitos cataclásticos resultantes da intrusão forçada do magma em fraturas e das movimentações tectônicas posteriores. A separação entre segmentos de diques ocorre muitas vezes por falhamentos locais que provocaram também deslocamentos laterais, comumente com direção NE-SW e estiramento ou orientação localizada dos cristais segundo uma direção preferencial. É comum a ocorrência de fraturas perpendiculares ou longitudinais aos corpos, resultante de tensão e alívio, mas que se apresentam espaçadas entre si.

Quadro1: Parte da folha sb.24-2-d-v (Sumé)

<b>C E N O Z O I C O</b>	<p><b>QUARTENÁRIO</b></p> <p><b>XxQaX<sup>(1)</sup></b></p> <p><b>QaI<sup>(2)</sup></b></p> <p><b>SEDIMENTOS FLUVIAIS</b> Depósitos arenos-argilosos aluvionares: argilas, areias e cascalhos, em vales de rios e riachos.</p>
	<p><b>xxNd. Nv<sup>(1)</sup></b></p> <p><b>dr, dt, dgr, ds<sup>(2)</sup></b></p> <p><b>xxNY<sub>3</sub>X<sup>(1)</sup></b></p> <p><b>xxY<sub>3</sub> d<sub>1</sub><sup>(2)</sup></b></p> <p><b>NEOPROTEROZÓICO</b></p> <p><b>ENXAMES/SETS DE DIQUES</b></p> <p>Diques de riolitos pórfiros (dr), tipo Sucuru; de tonalitos porfiríticos (dt) e de granitos (dgr), finos a médios até porfiróides, “tipo Itapetim”. Também diques de sienitos (ds), porfiríticos. Corpos ocorrentes, mormente no complexo Sumé.</p> <p><b>COMPLEXO (SUITE) PRATA</b></p> <p><b>GRANITOS TARDI A PÓS-TRANSCORRENTES</b></p> <p>Quartzosienitos e granitos porfiríticos leucocráticos.</p>
	<p><b>xxxMY<sub>2</sub>CX<sup>(1)</sup></b></p> <p><b>xx Y<sub>2</sub><sup>(2)</sup></b></p> <p><b>MESOPROTEROZÓICO</b></p> <p><b>ORTOGNAISSES SIN-TANGENCIAIS/EMPURRÃO 2</b></p> <p>Ortognaisses graníticos a quartzo monzoníticos, com biotita e anfibólio, protomilonitizados, róseos e muscovita ortognaisse com sillimantita.</p>

	<p style="text-align: center;"><b>PALEO/MESOPROTEROZÓICO</b></p> <p><b>XxPMyx<sup>(1)</sup></b></p> <p><b>XxxY<sub>1a</sub><sup>(2)</sup></b></p> <p style="text-align: center;"><b>ORTOGNAISSES SIN-TANGENCIAIS/EMPURRÃO 1</b></p> <p>Ortognaisses tonalíticos cinzas e leucotonalíticos/anortositicos, médios.</p> <p><b>XxxPMs<sup>(1)</sup></b></p> <p><b>xx 1b<sup>(2)</sup></b></p> <p style="text-align: center;"><b>COMPLEXO SUMÉ</b></p> <p style="text-align: center;"><b>Leucognaisses e paragnaisse, com freqüentes intercalações de ortoanfibolitos (af), cacissilicáticas (cs), granulitos (gl) e migmatitos (mi).</b></p>
	<p style="text-align: center;"><b>PALEOPROTEROZÓICO</b></p> <p><b>XxPst<sup>(1)</sup></b></p> <p><b>Xxx1a<sup>(2)</sup></b></p> <p style="text-align: center;"><b>COMPLEXO SERTÂNIA</b></p> <p>Muscovita-Biotita gnaisse e biotita gnaisse com granada e sillimanita, portando intercalações de augengnaisse, migmatitos (mi) e anfibolitos.</p>

Quadro elaborado das cartas geológicas das folhas sb.24-2-d-v, Sumé, escala 1.100.000 (2) e sb.24-2 Jaguaribe-se, escala 1.500.000 (1) , elaborado pela cprm em 1998 e 2000, respectivamente, como parte do Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil – lg.

## 2.11 Ensaio Tecnológicos

Os ensaios tecnológicos de um determinado tipo de rocha servem para observar características do material e suas aplicações adequadas sejam em revestimentos internos ou externos e, também para possíveis aplicações como insumos na construção civil.

### 2.11.1 Índices Físicos (NBR 12.766)

Os ensaios dos índices físicos consistiram em definir a relação básica entre a massa e o volume das amostras através das propriedades de massa específica aparente (densidade) seca e saturada, porosidade e absorção d'água, conforme Norma da ABNT NBR 15845:2010.

As propriedades de densidade, porosidade e absorção d'água fornecem indicação de fissuras, poros e vazios, sendo fatores determinantes para a resistência e durabilidade na avaliação comparativa de um conjunto de rochas (Winkler, 1997). Sendo assim, indicar essas propriedades numa rocha é fundamental para observar as diferenças na absorção entre vários tipos de rochas ornamentais e possíveis utilização de litotipos diferentes.

### 2.11.2 Desgaste Amsler (NBR 12.042)

O desgaste Amsler simula a resistência das rochas ao desgaste abrasivo, utilizadas em revestimento de piso, cujo objetivo é a aplicabilidade das mesmas em ambientes sejam eles externos ou internos e, ainda como forma artística.

Esse ensaio é realizado em laboratório com equipamento do tipo Amsler, onde a resistência ao desgaste abrasivo nas rochas depende dos minerais constituintes, granulometria e de sua compactação ou embricamento de seus minerais.

Sabe-se que as rochas constituídas de minerais de baixa dureza, como os mármore e calcários, não apresentam adequação para revestimentos de pisos e degraus de escadarias que porventura tenha intenso fluxo de pessoas, onde há progressivo desgaste dos cristais ou arrancamento dos próprios cristais. As rochas silicáticas são menos desgastáveis e as silicáticas quartzosas menos ainda.

Assim, a partir desse ensaio o profissional pode observar a aplicação correta do material com a sua resistência. Logo, pode-se perceber que, ambientes de

quartos e banheiros são permitidos rochas de maior desgaste do que em ambientes de sala e cozinha onde o fluxo de pessoas é maior.

### **2.11.3 Resistência a Compressão Uniaxial (NBR 12767)**

A resistência a compressão uniaxial indica a resistência da rocha ao cisalhamento quando submetidas à pressão de carga, o que normalmente ocorre em funções estruturais. Esse ensaio é fator preponderante para o uso de rochas ornamentais e de revestimento que é realizado utilizando corpos de prova com formato retangular no estado seco, segundo diretrizes da norma ASTM-C170, sendo os resultados expressos em kgf/cm<sup>2</sup> ou MPa.

### **2.11.4 Brilho**

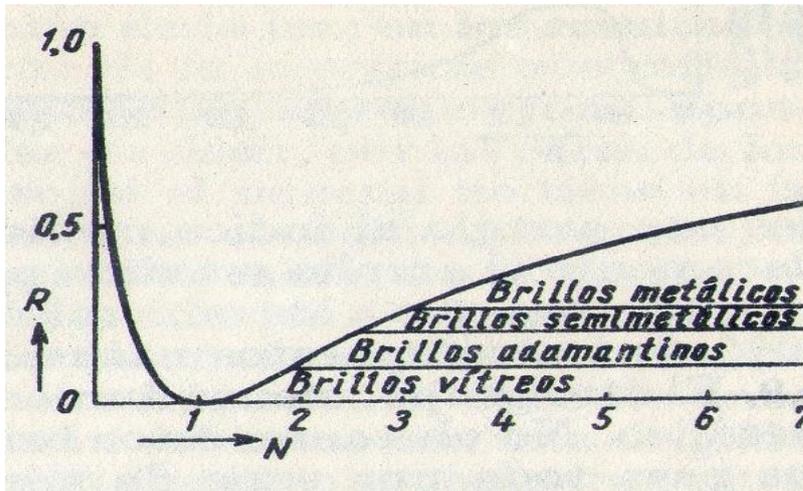
Dentre as propriedades morfológicas singulares que os minerais apresentam na sua cristalografia, entre elas está o brilho.

Segundo Santos (2012), o brilho das rochas é o resultado dos fenômenos de refração e reflexão da luz nas faces dos cristais, nos planos de clivagem e nas fraturas. Quanto maior for a intensidade da luz incidente no mineral mais evidente será a observação do seu brilho.

O brilho representa a quantidade de luz refletida na superfície de uma placa polida, os minerais que refletem mais de 75% da luz incidente exibem brilho metálico, no granito azul sucuro o brilho metálico aparece ,principalmente, pela presença de minerais máficos.

A variação do índice de reflexão da luz (R) em função do índice de refração dos minerais (N), de acordo com a figura abaixo.

Figura 10: Variação do brilho



Fonte: BERTEJTIN, 1977

O brilho de uma rocha é um padrão para observar o valor desse material no mercado de rochas ornamentais, sendo uma característica estética do litotipo, valorizando o material a ser analisado.

## 2.12 Aplicação de Rejeitos de Granitos na Construção Civil

De acordo com Tannús& Carmo, (2007), na atualidade o fornecimento de agregados minerais convive com desafios que colocam em risco a manutenção e ampliação da extração de areia, brita, seixos e cascalho, matérias-primas fundamentais aos programas habitacionais, de saneamento, rodovias e construção civil do país.

Assim, considerando que a atividade produtiva de agregados para a construção civil é imprescindível para o crescimento socioeconômico do país, torna-se fundamental que o Estado atue na formulação de políticas públicas que promovam o desenvolvimento do setor, incentivando o incremento tecnológico, e adoção de práticas produtivas ambientalmente corretas, a necessária adequação das legislações mineral, ambiental e tributária, a capacitação gerencial e a organização dos produtores.

Os agregados são produzidos por empresas de mineração situadas, comumente, próximas aos consumidores, ou seja, no entorno dos núcleos urbanos. Não obstante a importância dessa atividade minerária, diversos são os casos de interrupção ou mesmo de paralisação completa das atividades das empresas que dela se ocupam decorrentes de conflitos com a população do entorno dos

empreendimentos. Como resultado desses impasses, muitas vezes, as áreas de produção são afastadas dos centros consumidores, ocorrendo o inevitável aumento dos custos de transporte, com conseqüente aumento de preços para o consumidor final.

Situações indesejáveis como essas poderiam ser contornadas pelo adequado ordenamento territoriais dos municípios, compatibilizando as diversas formas de ocupação antrópica com aquelas decorrentes da atividade minerária. Certamente, para se atingir essa harmonia, também é requerida a adoção de modelos de gestão adequados e de práticas de produção apoiadas em processos tecnológicos compatíveis com os produtos desejados e com as restrições configuradas pelo posicionamento das jazidas e das unidades industriais. Todas essas ações, obviamente amparadas no respeito à legislação ambiental e mineral, são imprescindíveis para a sustentabilidade da atividade produtiva de agregados nas diversas regiões do País. O sistema mineral possui alguns princípios que determinam todas as relações pessoais e institucionais subseqüentes. Em síntese, destacam-se a seguir os princípios do sistema mineral brasileiro, alguns explícitos, outros implícitos.

A função social da propriedade mineral é exercida, à falta de uma definição jurídica única, quando atende simultaneamente aos seguintes requisitos:

- a) Aproveitamento racional e adequado da jazida mineral, consoante dispõe o art. 47 do Código de Mineração (Decreto Lei nº227, de 28/02/1967);
- b) Utilização adequada dos bens outorgados e preservação do meio ambiente, segundo dispõem os art. 47 do Código de Mineração e art. 225 da Constituição Federal;
- c) Aproveitamento que favoreça o bem-estar do concessionário, dos trabalhadores e dos superficiários, ainda segundo o art. 47 do Código de Mineração, os arts. 5º 6º e 225 da Constituição Federal e a Consolidação das Leis do Trabalho;
- d) Disponibilização de seus resultados à comunidade que deles necessita, especialmente, dos insumos necessários à indústria de transformação e da Compensação Financeira pela Exploração Mineral – CFEM, cuja arrecadação é partilhada entre a União (12%), Estado (23%) e Município (65%).

### **2.13 Análise Granulométrica de Agregados de Rochas**

A análise granulométrica baseia-se na determinação das dimensões das partículas que constituem as amostras e no tratamento estatístico dessa informação. Logo, devem-se indicar as dimensões das partículas individuais e estudar a sua distribuição, quer pelo peso de cada classe a ser calculada, quer pelo seu volume, quer ainda pelo número de partículas integradas em cada classe. Assim, para analisar a descrição adequada de um sedimento, torna-se necessário proceder a uma análise detalhada, utilizando classes granulométricas com pequena amplitude. Quanto menor for a amplitude das classes, melhor é a descrição da variabilidade dimensional das partículas que constituem o sedimento.

O método mais comum, para executar a análise granulométrica de sedimentos é, sem dúvida, o da granulometria por peneiração, logo, para análise laboratorial de elevado número de amostras, é desejável dispor de método rápido, que possua elevada precisão de resultados e que, simultaneamente, elimine ao máximo a intervenção do elemento humano desde o início da análise até ao tratamento estatístico final dos dados.

A análise granulométrica do pó da brita é a separação de uma amostra desse material em frações, contendo partículas com dimensões, considerando a quantidade de material, em massa, retido nas peneiras da série normal, particularmente, no caso do Granito Azul Sucuru, as aberturas das peneiras, utilizadas nos ensaios foram: 9#, 16#, 60# e 250#, determinados de acordo com a NBR 7217 (ABNT, 1987). Além, no ensaio de granulometria, o módulo de finura e a dimensão máxima (diâmetro máximo) do agregado.

### **2.14 Difração de Raios-X**

A difração de raios X é uma técnica indicada para determinar as fases cristalinas presentes em diversos materiais, dentre eles os minerais. Isso acontece porque os átomos se ordenam em planos cristalinos separados entre si por distâncias da mesma ordem de grandeza dos comprimentos da onda dos raios X. Quando se incide um feixe de raios X em um cristal, o mesmo interage com os átomos presentes, gerando o fenômeno de difração de raios X. Ela ocorre segundo

a Lei de Bragg, a qual estabelece a relação entre os planos que a originaram (característicos para cada fase cristalina).

Essa técnica representa o fenômeno de interação entre o feixe de raios-X incidente e os elétrons dos átomos componentes de um material, relacionado ao espalhamento coerente. A técnica consiste na incidência da radiação em uma amostra e na detecção dos fótons difratados, que constituem o feixe difratado. Em um material onde os átomos estejam arranjados periodicamente no espaço, característica das estruturas cristalinas, o fenômeno da difração de raios-X ocorre nas direções de espalhamento que satisfazem a Lei de Bragg (eq. 1). A teoria da difração é detalhada por Cullity (1967).

$$n \lambda = 2 d \sin \theta \text{ (eq. 1)}$$

### **3 METODOLOGIA**

#### **3.1 Levantamentos de Campo**

Foram realizadas visitas de campo às áreas de extração de Granito Azul Sucuru, no município de Serra Branca, PB, onde se verificou a grande quantidade de rejeitos na jazida. Observou-se, dentro do contexto ambiental, que a disposição aleatória desses resíduos gera impactos ambientais, nas etapas de extração. Amostras deste litotipo foram coletadas para ensaios e análises laboratoriais.

No período de uma semana, no mês de janeiro de 2015, foram feitas visitas de campo nas áreas pesquisadas, com objetivo de conhecer melhor a área total que corresponde a jazida do granito “azul sucuru”, a qual foi dividida em quatro subáreas: Riacho do Buraco, Pedra d’água, Boqueirão e Sucuru, todas localizadas no município de Sumé, PB.

No trabalho de levantamento de campo constata-se que a rocha apresenta uma grande quantidade de fraturamento e microfissuras que prejudicam na extração de blocos adequados para o mercado ornamental. Para tanto, utilizando-se o GPS GARMIN e bússola, marcam-se orientações da rocha em diversos pontos e suas respectivas cotas. A partir disso, consegue-se descrever o perfil topográfico da área e os blocos de partição do maciço rochoso, possibilitando a verificação do potencial ornamental da rocha estudada.

Ainda, obteve-se o material bruto nas visitas de campo em todas as áreas onde o Granito Azul Sucuru encontrava-se para executar os ensaios de desgaste Amsler, resistência a compressão uniaxial, produção de lâminas delgadas e cominuição do material no ensaio e também placas polidas oriundas da área de Boqueirão, as quais serviram para realizar ensaios como índices físicos e medição de brilho

#### **3.2 Ensaios Tecnológicos do Granito Sucuru**

##### **3.2.1 Índices Físicos**

Foram analisadas nove amostras do granito sucuru, oriundas de acervo do laboratório de rochas ornamentais da UFPE, as quais foram inicialmente, submetidas a um processo de secagem na estufa, com o objetivo de retirar toda água presente nos vazios, para podermos efetuar pesagem a seco. Em seguida,

começamos o processo de saturação das amostras, para efetuar medições das amostras saturadas. E finalmente, pesamos as amostras na condição imersa, na qual os valores diminuem pois, considera-se a existência do empuxo da água.

A análise dos índices físicos fundamenta-se com os corpos-de-prova sendo devidamente lavados em água corrente e escovados, sendo depois mantidos na estufa à temperatura de  $70\pm 5^{\circ}\text{C}$ , até a massa constante. Depois os corpos-de-prova foram retirados da estufa e deixados ao ar livre 20 minutos, para esfriarem. Em seguida foram numerados e pesados individualmente ao ar (Msec), em balança de precisão de 0,01g. De acordo com as figuras abaixo:

Figura 11: Corpos do Granito Azul Sucuru submerso.



Fonte: Próprio autor.

Figura 12: Estufa de secagem



Fonte: Próprio autor.

Figura 13: Corpos de prova sendo retirados da estufa.



Fonte: Próprio autor.

A cada corpo-de-prova foi adicionada água destilada, a cada 4 horas da seguinte forma:

- Nas primeiras 04 horas, foi colocada água até alcançar 1/3 de sua altura;
- Após as 04 horas, foi colocada água até 2/3 de sua altura;
- Depois de 8 horas os corpos-de-prova foram totalmente cobertos com a água destilada e deixados por mais 40 horas submersos.

Os corpos-de-prova, após 40 horas de submersão, foram pesados novamente em condição submersa ( $M_{sub}$ ), por meio de dispositivo para pesagem hidrostática. Depois os corpos-de-prova foram enxugados e pesados ao ar ( $M_{sat}$ ).

**Figura 14:** Pesagem do material após secagem utilizando a balança de precisão.



Fonte: Próprio autor.

Estes ensaios foram realizados em estufa marca NAVETHERM, com capacidade de 200°C, do Laboratório do Grupo de Pesquisa em Rochas Ornamentais, UFPE. As pesagens foram feitas na balança, modelo AS500c, com precisão 0,01g e capacidade máxima de 500g de marca MARCONI do Laboratório

de Rochas Ornamentais do Programa de Pós Graduação de Engenharia Mineral, UFPE.

Assim sendo, com os dados obtidos dos pesos seco, submerso e saturado, foram calculados as propriedades de Densidade aparente, Porosidade aparente e Absorção de Água aparente, através das seguintes expressões matemáticas:

- Densidade Aparente:

$$\rho_a = \frac{M_{\text{sec}}}{(M_{\text{sat}} - M_{\text{sub}})} \times 1000 (\text{kg/m}^3)$$

Eq. 2

- Porosidade Aparente:

$$\eta_a = \frac{M_{\text{sat}} - M_{\text{sec}}}{(M_{\text{sat}} - M_{\text{sub}})} \times 1000 (\%)$$

Eq. 3

- Absorção de Água Aparente:

$$\alpha_a = \frac{M_{\text{sat}} - M_{\text{sec}}}{M_{\text{sec}}} \times 1000 (\%)$$

Eq. 4

A massa específica aparente e a porosidade aparente fornecem indicações sobre a resistência físico-mecânica da rocha, mediante esforços compressivos e de flexão. O índice de absorção d'água, por sua vez, indica a possibilidade de infiltração de líquidos na rocha (FILHO, 2009).

Percebe-se que partindo desse ensaio com as amostras IN NATURA, ou melhor, sem serem submetidas a nenhum processo de alterabilidade. Pretende-se verificar características iniciais da rocha e possíveis aplicações em ambientes que não sofram muita ação de alterabilidade e sua aplicabilidade, seja para aproveitamento na forma de brita para construção civil.

### 3.2.2 Desgaste Amsler

A resistência ao desgaste abrasivo nas rochas depende dos minerais constituintes, granulometria e de sua compactidade ou embricamento de seus minerais. A medida da resistência a abrasão é feita através do ensaio Amsler, que consiste em verificar a redução de espessura em placas de rochas. É executado acordo com as diretrizes da norma ABNT-NBR 12042. Segundo Vidal et al (2005), esse ensaio procura simular em laboratório a solicitação por atrito devido ao tráfego de pessoas ou veículos.

No caso do granito “Azul Sucuru”, esse ensaio foi realizado no Laboratório de Materiais e Estruturas do Departamento de Engenharia Civil da UFPE, em equipamento do tipo Amsler, segundo a figura 12.

**Figura 15** - Equipamento para execução do ensaio de resistência ao desgaste abrasivo tipo Amsler.



Fonte: Próprio autor.

Ao final do ensaio, observa-se que o resultado do desgaste é um reflexo da mineralogia, do grau de irregularidade da superfície, do estado de agregação dos minerais e da orientação da rocha e do tamanho dos grãos.

Os cálculos da redução de espessura (em mm) para cada amostra são efetuados de acordo com as fórmulas a seguir:

$$d = a - b \text{ (eq.5)}$$

$$e = a - c \text{ (eq, 6)}$$

Sendo:

a = Altura inicial média das 4 faces (mm);

b = Altura média das 4 faces (mm) após 500 metros;

c = Altura média das 4 faces (mm) após 1000 metros;

d = Desgaste médio aós 500 metros (mm);

e = Desgaste médio após 1000 metros ou Desgaste Amsler (mm).

Logo, esse desgaste é um reflexo da mineralogia, do grau de irregularidade da superfície, do estado de agregação dos minerais e da orientação da rocha e do tamanho dos grãos.

### 3.2.3 Resistência a compressão uniaxial

O ensaio de compressão uniaxial foi realizado no Laboratório de Estruturas do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco. Essa avaliação é importante, pois, elevados valores de resistência a compressão indicam material pétreo de boa qualidade (excelente grau de sanidade, porosidade e absorção d'água baixas), característica exigida pelo mercado de rochas ornamentais para aplicação em revestimentos de fachadas, pisos, degraus e tampos de mesas.

O ensaio de resistência à compressão uniaxial determina a tensão (MPa) que provoca a ruptura da rocha quando submetida a esforços compressivos. Sua finalidade é avaliar a resistência da rocha quando utilizada como elemento estrutural e obter um parâmetro indicativo de sua integridade física" (FRASCÁ, 2001).

Para a realização deste ensaio foram confeccionados quatro corpos de prova na forma cúbica de (7x7x7) cm, retirados das subáreas de Pedra d'água e Boqueirão, os quais antes de serem submetidos ao ensaio, ficaram 48 horas na estufa a temperatura de 70°C (+/-). Feito isso, as amostras foram inseridas na prensa hidráulica da marca WPM, e submetidos à ação de força de compressão, sob uma taxa de 200 KN/min, NBR 15845, anexo E.

Os corpos de prova são enumerados, tomando como padrão ângulos de 90° e sem fraturas, para evitar o rompimento antes de ser submetidos a cargas compressivas do equipamento.

**Figura 16:** Equipamento utilizado para determinar a resistência a compressão uniaxial.



Fonte: Próprio autor.

Assim, essa determinação da compressão uniaxial é obtida através da seguinte fórmula:

- $T = F / A$ , (Eq. 7)

Onde:

T = tensão (carga de ruptura - MPa);

F = força exercida no corpo de prova (kN);

A = área de aplicação da carga (mm<sup>2</sup>).

Após essa etapa, foram feitos os cálculos para obtenção dos valores da resistência à compressão em MPa. Os resultados vão ser comparados com os estabelecidos pela ASTM C615 e ABNT NBR 15844.

### 3.2.4 Brilho

Foram analisadas nove amostras do material oriundo do acervo de rochas ornamentais, utilizando o equipamento SanwaKenma, oriundas de acervo do laboratório de rochas ornamentais da UFPE. Inicialmente as amostras foram submetidas a um processo de limpeza utilizando uma flanela limpa, para garantir a precisão dos resultados do brilho da rocha.

**Figura 17** - Equipamento utilizado para medição do brilho



Fonte: Próprio autor.

### **3.3 Análise Granulométrica do Material**

Foi realizada a cominuição dos rejeitos do “Granito Azul Sucuru” em britador MAQBRT (Figura 18) para avaliação da forma das britas. A qual foi analisado o grau de cubicidade dos agregados foi definido em função das dimensões A (comprimento), B (largura) e C (espessura), a partir da medição das dimensões de 100 fragmentos do “Azul Sucuru”(figura 19). Estes ensaios fornecem subsídios para análise da viabilidade do aproveitamento deste litotipo seja como material ornamental seja como agregados graúdos para a construção civil.

**Figura 18:** Britador MAQBRIT



Fonte: Próprio autor.

**Figura 19:** Fragmentos do Granito Azul Sucuru



Fonte: Próprio autor.

Estes ensaios fornecem subsídios para análise da viabilidade do aproveitamento deste litotipo seja como material ornamental seja como agregados graúdos para a construção civil.

Assim, com o pó da brita oriunda do processo de cominuição foi realizada a análise granulométrica do pó da brita é a separação de uma amostra desse material em frações, contendo partículas com dimensões, considerando a quantidade de material, em massa, retido nas peneiras da série normal, particularmente, no caso do Granito Azul Sucuru, as aberturas das peneiras, utilizadas nos ensaios foram: 9#, 16#, 60# e 250#, determinados de acordo com a NBR 7217 (ABNT, 1987). Além, no ensaio de granulometria, o módulo de finura e a dimensão máxima (diâmetro máximo) do agregado.

Essa análise é realizada agitando o agregado através de uma série de peneiras, de modo que os grãos maiores fiquem retidos na malha superior e os menores na parte inferior, para pesar o material retido em cada peneira, de acordo com a figura abaixo.

**Figura 20:** Peneiras utilizadas para separar as frações de brita.



Fonte: Próprio autor.

Após a pesagem do material, calcula-se a porcentagem da massa retida em cada peneira, cujas partículas apresentam a mesma dimensão granulométrica, segundo a tabela abaixo:

**Tabela 5:** Resultado do peneiramento do pó da brita do material.

PENEIRA (mm)	PENEIRA (mesh)	PESO (g)	%
>2,00	9	13,98	46,15
1,00	16	5,82	19,21
0,25	60	6,46	20,91
0,0625	250	3,00	9,90
< 0,0625	250	1,03	3,40
	TOTAL	30,29	100

Fonte: Próprio autor.

A tabela 5 apresenta a distribuição granulométrica desse rejeito, onde pode-se verificar uma composição grossa do material, uma vez que a maior proporção do rejeito, cerca de 46% encontra-se com tamanhos de partículas superior a 2mm.

### 3.4 Análise Petrográfica

A análise petrográfica do Granito Sucuru fundamenta-se em observação macroscópica e microscópica do material in natura, de acordo com o especificado na NBR 15845.

Partindo da análise macroscópica do material, busca-se verificar os minerais presentes na rocha e características texturais do material e, na análise microscópica do material utilizaremos a lupa binocular, para análise de grãos do material em questão, de acordo com as figuras abaixo:

**Figura 21:** Lupa Binocular utilizada nas análises



Fonte: Próprio autor.

No entanto, com o uso do microscópio óptico, podem-se observar as lâminas e os minerais presentes na rocha do granito “azul sucuru”, de forma mais detalhada, observando segundo o livro: Optical Minerals do Professor Paul F. Kerr, cada mineral analisado.

**Figura 22:** Microscópio óptico

Fonte: Próprio autor

### 3.5 Difração de Raios-X

A técnica de difração de raios X tem sido amplamente utilizada para a determinação de fases cristalinas em rochas com finalidades ornamentais e/ou aplicação como insumos da construção civil, propiciando a investigação de pequeníssimas estruturas da matéria. Partindo desse princípio, o método de DRX permite caracterizar um ou mais minerais presentes na rocha. A caracterização mineralógica descreve quais minerais estão presentes na amostra, feita por meio da comparação de seus difratogramas com padrões de referência, disponíveis em bancos de dados de DRX, observando os picos mais intensos de cada composto cristalino presente no banco de dados e comparando aos picos dos difratogramas da amostra, para então serem observados os principais minerais existentes na rocha.

Os ensaios de difração de raios-X foram realizados Laboratório de Tecnologia Mineral da UFPE- LTM, cujo responsável é o Prof. Dr. Pedro Luiz Guzzo. Busca-se ao longo dessa pesquisa obter difratogramas usando o equipamento Bruker D2 Phaser e detector Bruker-Lynxeye, operando com 300 W (30 kV e 10 mA), irradiação Cu-K $\alpha_1$  ( $\lambda = 1,5406 \text{ \AA}$ ).  $2\theta = 4-80^\circ$ ; fenda primária: 0,4 mm; passo do goniômetro: 0,0202  $^\circ/s$ ; tempo de contagem por passo: 1 s. As amostras foram preparadas por back-loading.

A partir da DRX possibilita a identificação dos minerais principais (ao passo que a microscopia não foi capaz de identificar alguns minerais, mas sim seus grupos), sendo esse um método que pode ser considerados complementar para a caracterização mineralógica de rochas

**Figura 23:** Equipamento utilizado para gerar os difratogramas



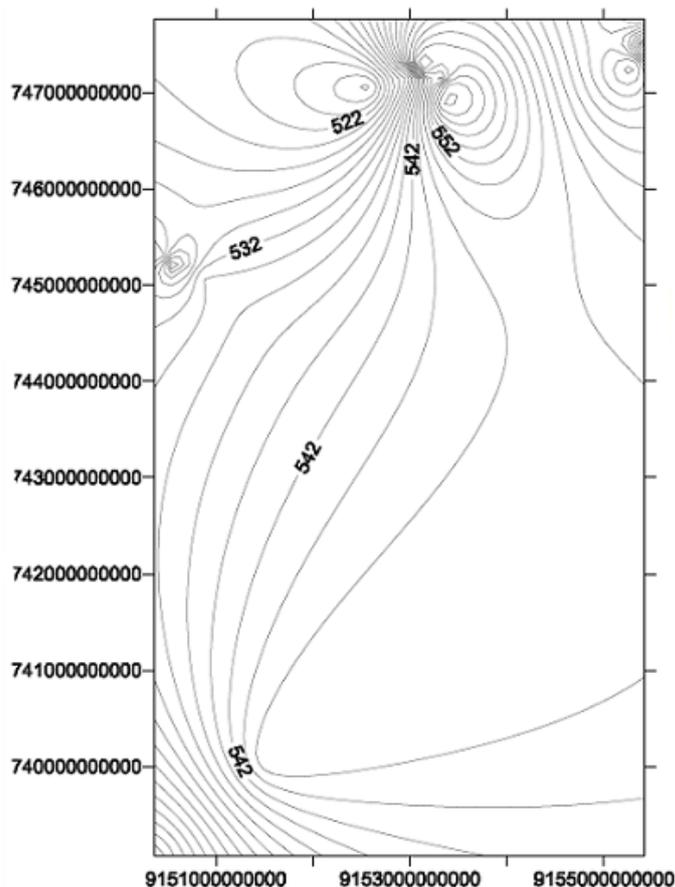
Fonte: Próprio autor.

## 4 DISCUSSÃO E RESULTADOS

### 4.1 Levantamentos de Campo

De acordo com os dados coletados nas quatro áreas analisadas da rocha no município de Sumé, P.B., Desse modo, com o uso do GPS GARMIN, utilizando as cotas presentes nas áreas do “Granito Azul Sucuru”, se foi elaborado um perfil topográfico onde se percebe através das análises das curvas de nível geradas nesse mapa, que a região em que se situa o granito azul sucuru é uma região muito acidentada, o que prejudica o transporte do material a ser lavrado, observe o perfil topográfico na figura abaixo.

**Figura 24:** Perfil Topográfico do Granto Azul Sucuru

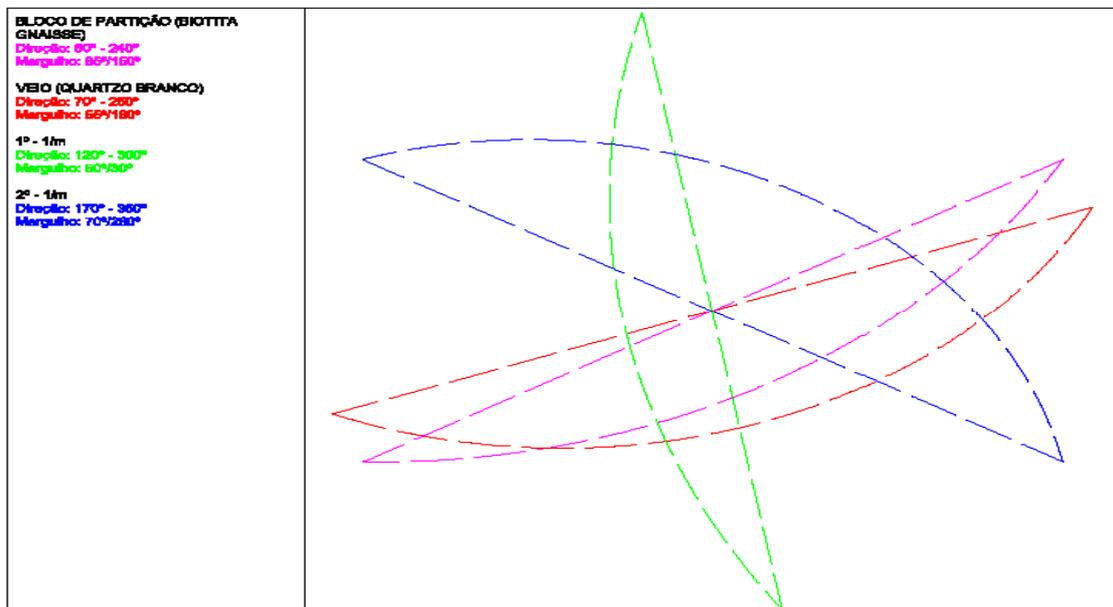


Fonte: Próprio autor.

Esse levantamento de campo serve para análise das áreas que desenvolvem potenciais para observar possível aplicação do granito “azul sucuru” seja na área de rochas ornamentais ou como insumos para a construção civil.

Ainda, com os dados oriundos das quatro subáreas geraram-se através do programa AUTOCAD 2010, baseado na projeção cônica, os blocos de partição da rocha, na busca da definição da melhor localização da abertura das frentes de lavra. A direção preferencial do corpo do material pétreo explorado encontra-se na direção nordeste, com mergulho para sudeste; observa-se ainda a presença de veio de quartzo, também na direção nordeste com mergulhos mais suaves que o corpo granítico. As fraturas encontram-se espaçadas em cerca de 1/metro o que denota baixa frequência, o que se traduz no maior aproveitamento dos blocos retirados. Este fato possibilita uma melhor produtividade do material estudado.

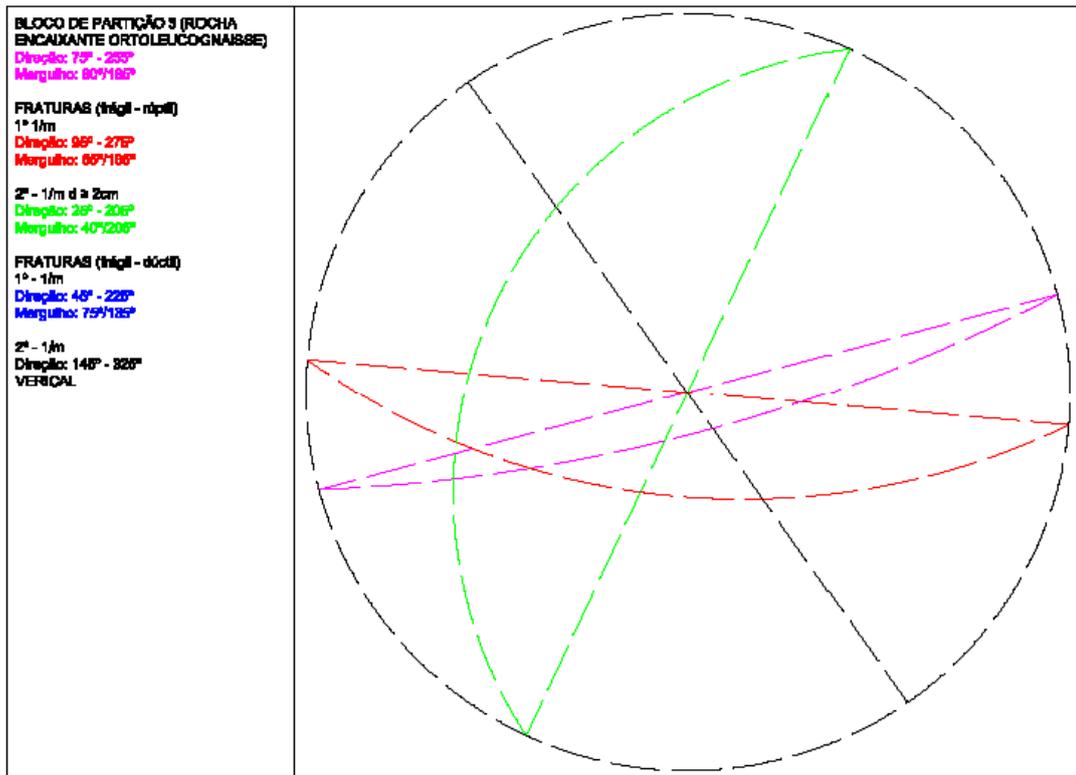
**Figura 25:** Bloco de partição 1, na área de Riacho do Buraco.



Fonte: Próprio autor.

A partir da análise das figuras acima, percebe-se que o bloco de partição obtido apresenta um excelente perfil para ser aproveitado como rocha ornamental ou de revestimento, já que o mesmo apresenta fraturas da ordem de 1/m e ainda a presença das fraturas de Riedel.

Figura 26: Bloco de partição 2, na área de Riacho do Buraco.



Fonte: Próprio autor.

Na área do bloco de partição 2, observa-se que a rocha encaixante é um orto leucognaisse; o maciço rochoso neste ponto apresenta fraturas frágil-rúptil, de frequência da ordem de 1/m, portanto pouco frequente, fato que auxilia na produção de rochas ornamentais.

Comparando os dois blocos de partição obtidos no Riacho do Buraco, percebe-se que essa área é ideal para a produção de blocos do “Granito Azul Sucuru” de acordo com as exigências do mercado: material pouco fraturado. Porém nessa área, o litotipo apresenta grande quantidade de cristais alongados de feldspatos potássicos e poucos cristais dos minerais que apresentam a tonalidade azul, aspecto que valoriza as chapas depois de polidas. Este fato faz com que as placas pétreas produzidas a partir dos materiais desta área não apresentem a característica cor azulada, qualidade tão valorizada pelo mercado, notadamente o internacional. Conseqüentemente, as placas oriundas desse material não encontram aceitação no mercado internacional, restando apenas a comercialização de sua produção no mercado interno.

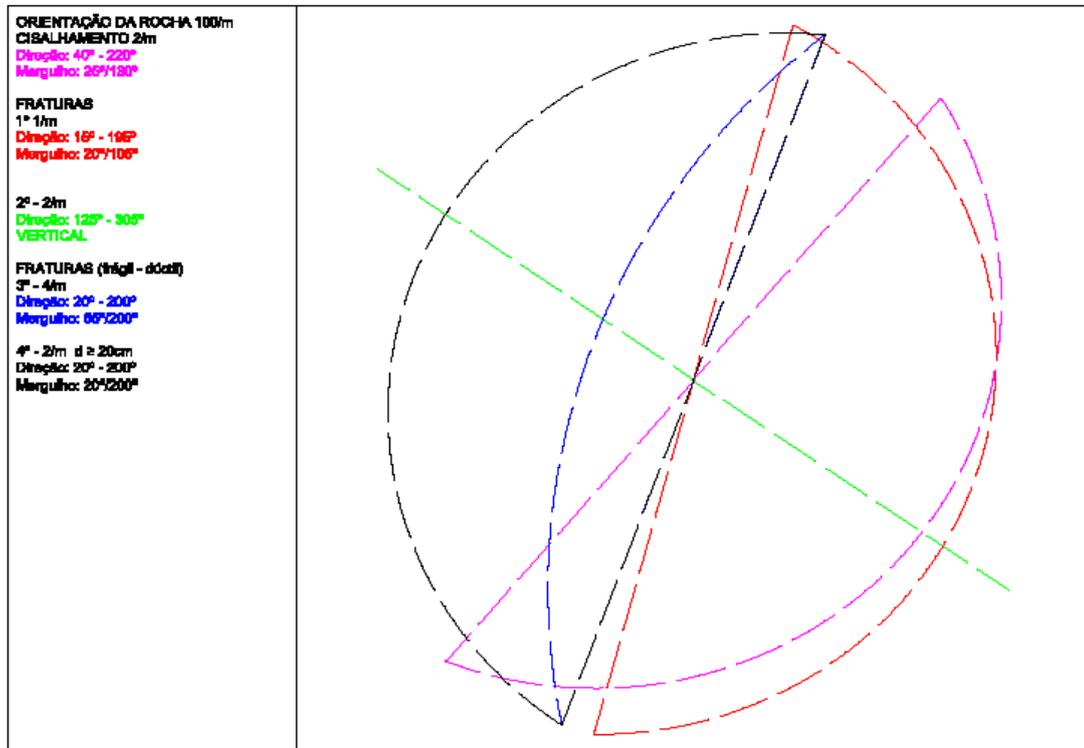
**Figura 27:** Bloco de partição 3, na área de Pedra d'Água.



Fonte: Próprio autor

A análise da figura 27 revela que o bloco de partição é muito fraturado, da ordem de 4/m na superfície alongante e 6/m na superfície trincante. Assim, é inviável a produção de blocos de rochas, com dimensões compatíveis com os equipamentos de beneficiamento como os teares multi-lâminas e os talha blocos. Entretanto esta rocha poderia ser usada para a produção de agregados graúdos ou miúdos na escala industrial da construção civil.

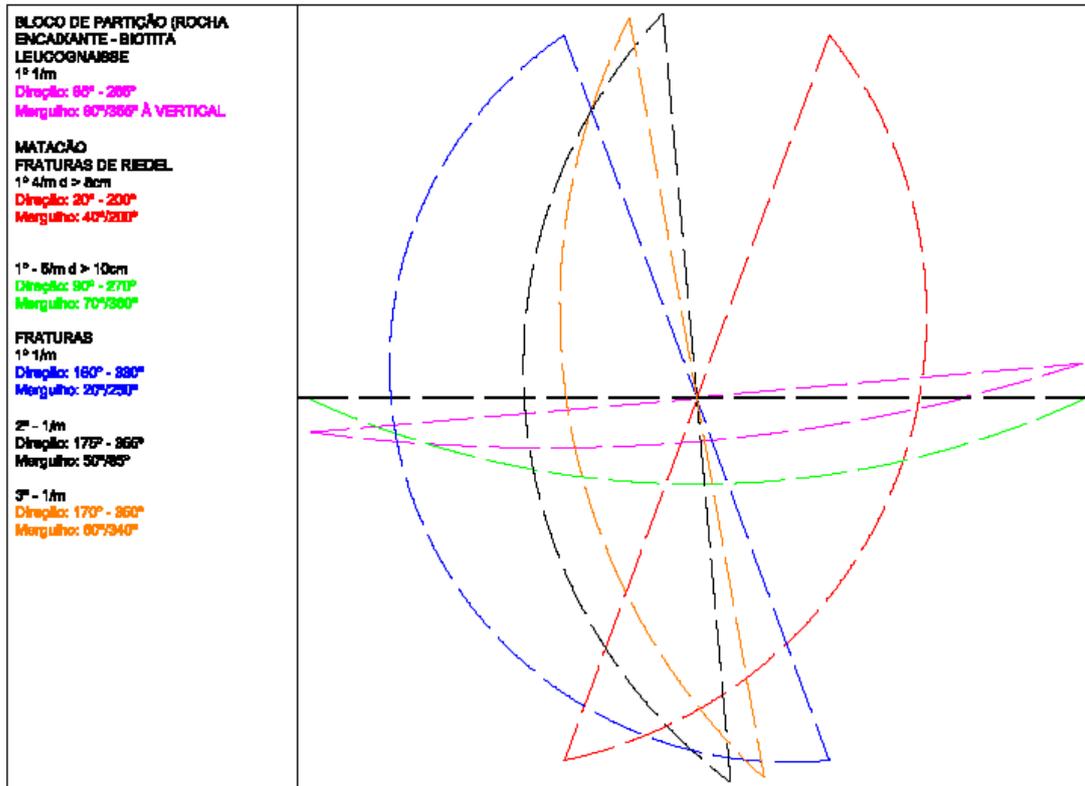
Figura 28: Bloco de partição, na área Riacho do Buraco.



Fonte: Próprio autor.

Verificando o bloco de partição 4, o maciço é pouco fraturado apresentando fraturas de frequências 2/m e 4/m, porém para o processo de fabricação de blocos para a finalidade ornamental o ideal é que as fraturas sejam de 1 a 2/m. E ainda, observa-se na área de Pedra d'Água um litotipo que apresenta uma variedade de cristais alongados de feldspatos com presença muito pequena de cristais de quartzo, auxiliando na produção de britas de excelente qualidade.

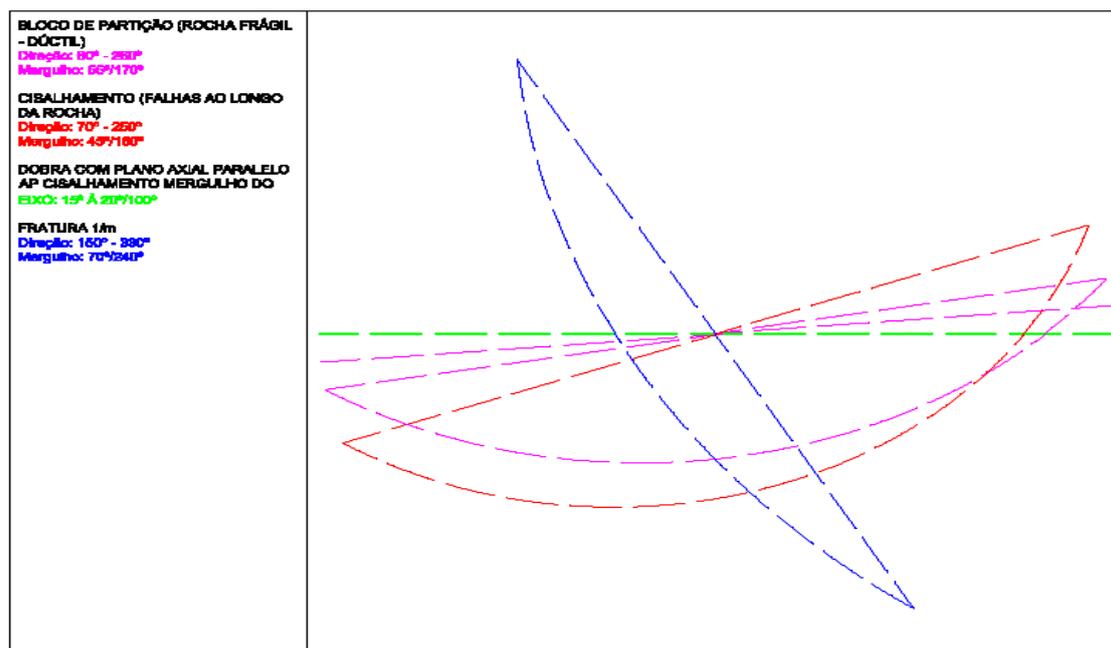
Figura 29: Bloco de partição, oriundo da área de Engenho Velho.



Fonte: Próprio autor.

Observando o bloco de partição da área de Engenho Velho, constata-se que pelo fato de apresentar uma enorme quantidade de fraturas, o mesmo não apresenta potencial para rocha ornamental, apesar de apresentar cristais de tonalidade azulada em maior quantidade nos matações e maciço, fato esse que gera um enorme interesse pelo mercado produtor. Porém a grande quantidade de fraturas é algo que faz o bloco quebra durante o processo de extração do litotipo analisado. Salientando que esse estudo foi realizado em apenas um bloco de partição da área de Engenho Velho, o que não descarta o potencial ornamental da área, principalmente, pela presença de cristais de cor azul.

Figura 30: Bloco de partição, na área de Boqueirão.



Fonte: Próprio autor.

Na área de Boqueirão observam-se blocos pouco fraturados com frequências de 1/m, cuja deformação da rocha caracteriza-se por ser frágil-dúctil, ideal para a produção de blocos ornamentais de acordo com as exigências de mercado. Além de apresentar uma grande quantidade de cristais de cor azul, que por sua raridade e beleza encanta a todos os compradores desse produto.

Segundo MELO & OLIVEIRA (1997), o estudo dos elementos geométrico-estruturais é enfocado, sobretudo com o propósito de definir o “bloco de partição”, explicitando-lhe utilidades tais como a orientação mais adequada para a pedreira (superfícies alongante, trincante e levantante) ou o planejamento de aplicação e distribuição das cargas quando se tratar do desmonte através de perfuração contínua. Resgatar o conhecimento sobre projeção estereográfica permite o tratamento de dados inclusive a definição do bloco de partição.

Através da escolha desses blocos de partição, obtidos em projeção cônica, observa-se a intersecção entre a superfície alongante e a superfície trincante de cada maciço do litotipo analisado. Verifica-se que nas quatro áreas estudadas o material apresenta melhor qualidade ornamental nas áreas de Engenho Velho e Boqueirão, outrora nas áreas de Riacho do Buraco e Pedra d’Água a rocha pode ser aproveitada sob a forma de brita para a construção civil. Assim, o estudo dos blocos de partição é a melhor maneira de dizer que os maciços oriundos do granito “Azul

Sucuru”, apresentam um alto grau de fraturamento e microfissuras, apesar do maciço está confinado que pode gerar fraturas de alívio durante a extração do material, mas, observa-se ainda, que grande parte dos matacões está situada em alto relevo, fator positivo que auxilia na facilidade do desmonte da rocha.

## 4.2 Caracterização do Granito Sucuru

### 4.2.1 Análise Granulométrica

Nas pedreiras do “Azul Sucuru” existe uma enorme quantidade de rejeitos que degrada o ambiente natural. Assim, o aproveitamento desses rejeitos, seja na construção civil (como material ornamental de revestimento ou como britas), seja na forma de artesanato (bijuterias, elementos decorativos como estatuetas, mosaicos e artesanato), pode contribuir para o desenvolvimento sustentável da comunidade local e da região e promove ademais a retirada dos entulhos do meio ambiente minimizando o impacto sobre os córregos, vegetação e a paisagem natural.

O concreto constitui o segundo insumo mais utilizado no planeta, ficando atrás apenas da água (MEHTA e MONTEIRO, 2008). Tecnologias que possibilitem a introdução de resíduos de qualquer que seja o processo de manufatura de produtos, como agregado no concreto, possibilitará um ganho ambiental (ABREU, 2014).

Embora não tenham sido feitas análises para a identificação de minerais deletérios e potencialmente reativos quanto à possibilidade de instalação da reação álcali-agregado (RAA) em concretos produzidos a partir de britas oriundas do “Azul Sucuru”, a ocorrência da RAA requer a atuação conjunta de água, do agregado reativo e dos álcalis (sódio ( $\text{Na}_2\text{O}$ ) e/ou potássio ( $\text{K}_2\text{O}$ )) do cimento. Sua prevenção pode ser feita a partir da eliminação de um dos fatores, ou seja, a partir do emprego de agregados inertes ou de cimento com baixos teores de álcalis, ou ainda, por meio de uso de adições que inibam o processo expansivo. Dentre estas, destacam-se, as escórias de alto forno e as pozolonas, encontradas principalmente nos cimentos de alto-fornos e pozolânicos, respectivamente, com materiais mais eficientes no combate à reação álcali-agregado (PERDIZ, 2009). Portanto, como já relatado, em sendo o volume de agregados significativamente maior que o do cimento e, considerando ainda que seu custo é expressivamente menor que o desse aglomerante, opta-se na confecção de concretos, independentemente da origem da

brita, por cimentos de baixos teores de álcalis ou a utilização de produtos que inibam a RAA: alguns materiais como escoria de alto forno, metacaulim, cinzas volantes e compostos de lítio tem apresentado capacidade de inibir a reação álcali agregado (TAHA e NOUNU, 2009). Logo, para concretos de baixa a média resistência (até 50MPa) e que não estejam sujeitos à ação de constante das águas como em obras hidráulicas, a identificação de minerais potencialmente deletérios presentes não é condição imprescindível para o uso da brita. Em suma, as soluções mais práticas para se evitar a ocorrência da RAA são: usar um outro agregado, menos propenso para essa reação; usar cimento do tipo alto forno ou pozolânico ou a própria pozolana; impedir o acesso de água ou umidade até o componente estrutural por meio de isolamentos (CUNHA, 2015)

A forma e a granulometria dos agregados influem na resistência mecânica do concreto. A forma e a textura, por exemplo, podem alterar significativamente a área específica dos agregados, influenciando diretamente na ligação pasta/agregado. Partículas que tendem à forma cúbica apresentam maior área específica do que as que se aproximam da forma arredondada. De igual modo, quando a textura superficial é rugosa, a resistência mecânica do concreto aumenta consideravelmente, sobretudo nos esforços de tração na flexão. O mesmo efeito é obtido quando se reduz a dimensão máxima característica do agregado graúdo (PIMENTA, 2012).

Segundo Yoshida; Frazão, Giroldo, (1972), rochas com estruturas marcadamente estratificadas ou bandeadas ou xistosas tendem a produzir agregados com predominância de formas lamelares ou alongadas, tais como alguns quartzitos, arenitos estratificados e silicificados, gnaisses e xistos. As rochas de estrutura maciça, como os basaltos compactos tendem a apresentar frequência maior de fragmentos de forma cúbica; esta frequência diminui, contudo, com a diminuição do tamanho dos fragmentos, passando a predominar as formas lamelares e alongadas nas dimensões menores. Segundo Buttler (2003), as características do agregado, como granulometria e textura, também influem embora de maneira menos significativa, nas propriedades do concreto. Para agregados com grande diâmetro característico ou de forma lamelar, ocorre a formação de um filme de água junto às paredes do agregado (exsudação interna), enfraquecendo sua ligação com a pasta, por outro lado, agregados de diâmetros menores aumentam a

superfície de contato entre o agregado e a pasta de cimento elevando a resistência do concreto (TEODORO, 2013).

De acordo com Frazão (2002) existem diversos métodos para determinar as formas dos fragmentos. As mais comuns se baseiam na medição das dimensões dos fragmentos por meio de linhas imaginárias que definem comprimento largura e espessura. Com relação ao “Azul Sucuru”, o grau de cubicidade dos agregados foi definido em função das dimensões A (comprimento), B (largura) e C (espessura), de acordo com a classificação proposta pela NBR 6954 (ABNT, 1989), baseado na tabela 6, abaixo:

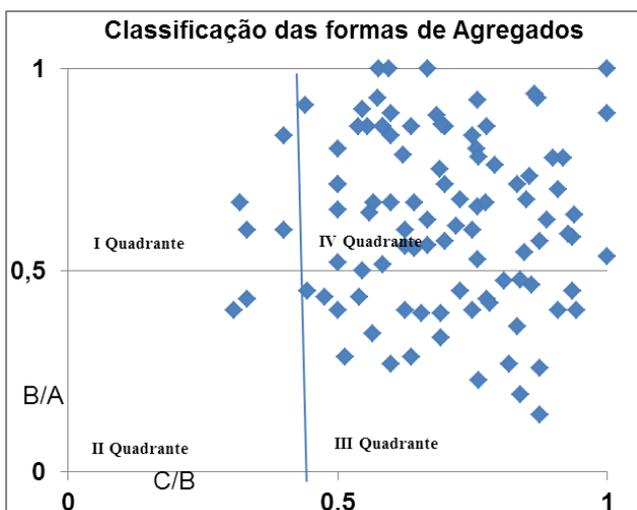
**Tabela 6:** Dimensões e formas das britas.

Relação entre as dimensões e forma das britas		
B/A	C/B	Classificação da Forma
> 0,5	> 0,5	Cúbica
< 0,5	> 0,5	Alongada
> 0,5	< 0,5	Lamelar
< 0,5	< 0,5	Alongada-lamelar

Fonte: Frazão (2002).

O gráfico de dispersão abaixo, observado na figura 31, possui 100 amostras de fragmentos do “granito Azul Sucuru”, obtidas através do processo de amostragem aleatória. Os dados C/B (espessura/largura) e B/A (largura/comprimento) são relacionados: ambos medidos no mesmo fragmento. O gráfico, dividido em quadrantes, tem por toda sua extensão uma malha de pontos que determina a frequência das amostras. A distribuição dos pontos permite observar que ocorre maior concentração acima de 0,5, tanto para o eixo horizontal (C/B) como para o vertical (B/A).

**Figura 31:** Classificação das formas de agregados.



Fonte: Próprio autor.

De acordo com a malha de pontos distribuídos em toda extensão do gráfico, dividido em quadrantes, verificou-se um percentual de frequência dos pontos que aponta para o primeiro quadrante 5%, no segundo quadrante 4%, no terceiro quadrante 27% e finalmente no quarto quadrante 64%.

A tabela 2 foi baseada de acordo com as normas NBR 6954 (1989), o que permite concluir, no que tange a alta porcentagem dos pontos no IV quadrante, que o material fragmentado apresenta uma forte tendência de classificação do tipo cúbica. Logo, as britas oriundas do “Azul Sucuru” apresentam uma forte tendência de classificação tipo cúbica. Alguns pesquisadores consideram que é indesejável a presença de mais de 15% de partículas lamelares ou alongadas em concretos. Isso se explica por que britas com partículas lamelares no concreto acumulam mais bolhas de ar e água sob elas acarretando o fenômeno da exsudação que é a tendência da água de amassamento vir à superfície do concreto recém-lançado. Como consequência a parte superior do concreto torna-se excessivamente úmida tendendo a produzir um concreto poroso e menos resistente, o que prejudica a durabilidade e reduz a resistência do concreto (CEFET-PR, 2004).

Normalmente, os agregados naturais têm grãos cuboides, de superfície arredondada e lisa contra as superfícies angulosas e extremamente irregulares dos grãos dos agregados industrializados, o que torna a mistura com agregados natural mais trabalhável que com os industrializados. Assim, concretos com agregados de britagem exigem 20% mais de água de amassamento que os preparados com agregados naturais, porém, têm maiores resistência ao desgaste e à tração devido à

maior aderência entre os grãos e a argamassa. Por outro lado, os grãos irregulares devido a sua forma e textura superficial, apresentam maior aderência da argamassa resultando em maior resistência para um mesmo traço do que os constituídos com grãos cuboide e de superfície lisa. Dependendo da aplicação existem limitações quanto ao formato dos grãos, como no caso de agregados para pavimentos rodoviários, que podem ter no máximo 10% de grãos irregulares, enquanto que o agregado para lastro ferroviário deve ter no mínimo 90% de seus grãos com formato cuboide. O tipo de rocha também influencia o formato do grão (CUNHA, 2015).

#### **4.2.2 Descrição Petrográfica**

De acordo com CABAÑAS 2006, a descrição mineralógica do granito Azul Sucuru apresenta da seguinte forma: Microclínio+Ortoclásio: na matriz há ortoclásio como grãos subedrais a anedrais inferiores a 0,5 mm, exibindo frequentemente bordas irregulares e corroídas, baixo microfissuramento, extinção ondulante e sericitização pouco avançada. Os fenocristais são de microclíniosubedrais a euhedrais, com dimensões variando de 3,0 mm a 11,0 mm, com contatos retilíneos a côncavo-convexos, apresentando extinção ondulante e frequentemente com inclusões de quartzo e, mais raramente, de plagioclásio. O microfissuramento é baixo a moderado com planos comunicantes. A sericitização é variável apresentando maior intensidade nos fenocristais menores ao passo que os maiores estão mais afetados apenas nos filetes perfiticos.

Dentro das análises feitas em superfícies polidas do material, consta-se que a textura porfirítica está sempre presente no granito Sucuru, porém ocorrem variações locais na granulação e na coloração dos fenocristais de quartzo e de feldspatos, de forma que o azul característico daqueles varia em intensidade em certos locais, até tornar-se quase imperceptível. Os feldspatos se mostram ora amarronzados, ora esbranquiçados e também perdem localmente em intensidade de cor. Assim, pela análise macroscópica do granito Sucuru observam-se claramente os fenocristais de feldspato em toda a estrutura da matriz da rocha, os cristais de quartzo de cor azulada, situados numa matriz que apresenta minerais máficos.

**Figura 32:** Amostras do Granito Sucuru com Granulometria >2mm e equipamento utilizado.



Fonte: Próprio autor.

**Figura 33:** Amostras analisadas na lupa Binocular



Fonte: Próprio autor.

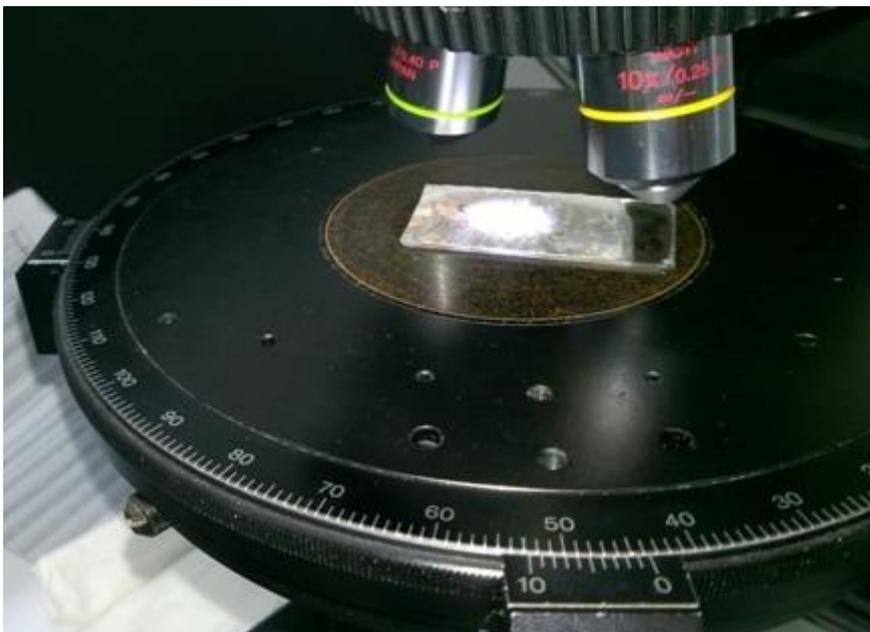
Após a obtenção desses resultados, cada fração fez-se uma análise representativa do microscópio COLEMAN, com luz refletida, no Laboratório de Geologia Marinha/ UFPE, a qual gerou os resultados obtidos a partir desse ensaio foram os seguintes, representados na tabela 7 abaixo:

**Tabela 7:** Minerais observados na lupa binocular.

PENEIRA (mm)	PENEIRA (mesh)	COMPOSIÇÃO	MINERALÓGICA	MÁXIMA (%)
		MINERAIS MÁFICOS	QUARTZO	FELDSPATO
>2,00	9	80	18	07
1,00	16	75	12,5	12.5
0,25	60	40	35	25
0,0625	250	25	40	35
< 0,0625	250	35	35	30

Fonte: Próprio autor.

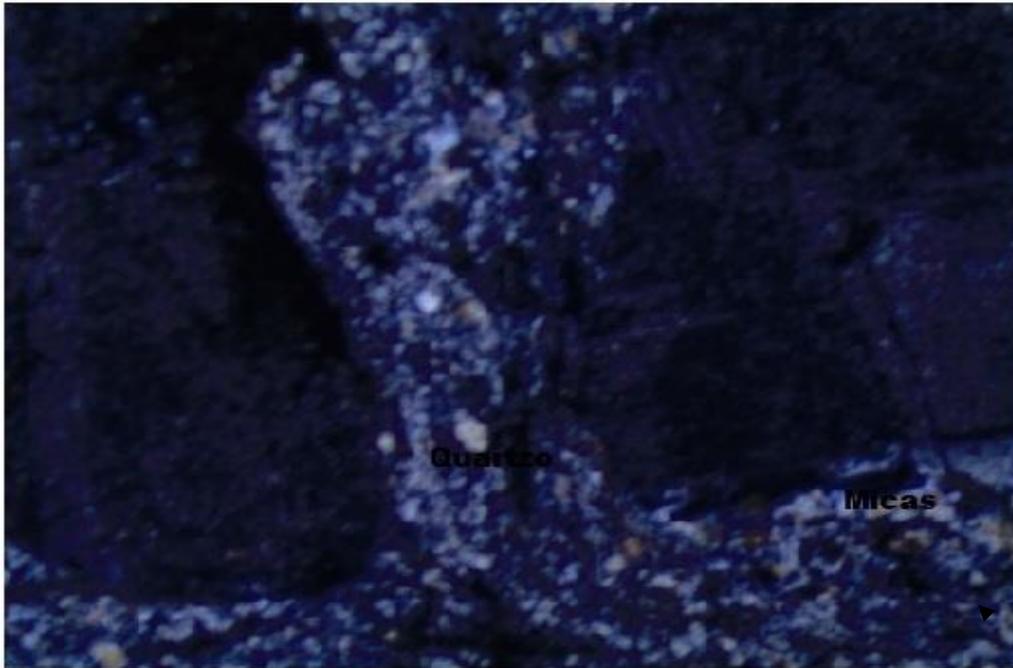
Assim, percebe-se que o material apresenta minerais máficos com composição em sua maioria magnesiano, fato que não compromete a alterabilidade do material visto que a liberação desses materiais ocorre em no máximo 35% quando está na fração argila, sendo um material excelente para a fabricação de argamassa e na fração areia grossa percebe-se que o material é pouco ferroso e mais magnesiano, excelente para produção de brita.

**Figura 34:** Microscópio Eletrônico utilizado para analisar as lâminas delgadas.

Fonte: Próprio autor.

Na figura 35, percebe-se na fotomicrografia 1, a presença de cristais de quartzo com comprimento de 0,2mm e de mica com 0,2mm, utilizando nicóis cruzados, área denominada Boqueirão.

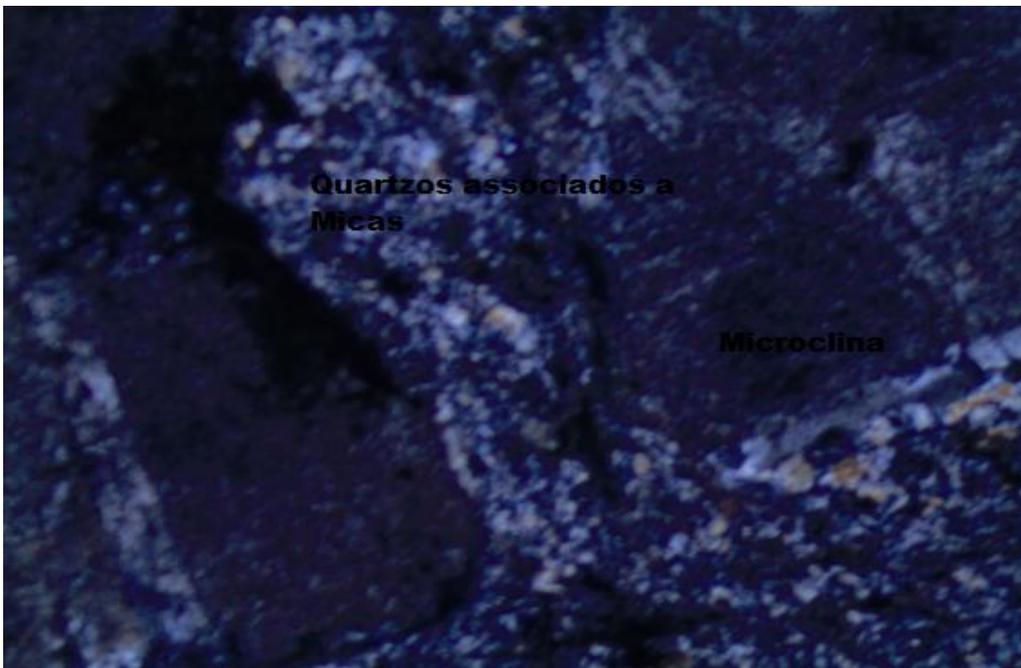
**Figura 35:** Fotomicrografia 1, Lâmina da área Riacho do Buraco



Fonte: Próprio autor.

Na Figura 36, observa-se quartzos associados a micas, e a presença da microclina com sua geminação cruzada, realizada com nicóis cruzados.

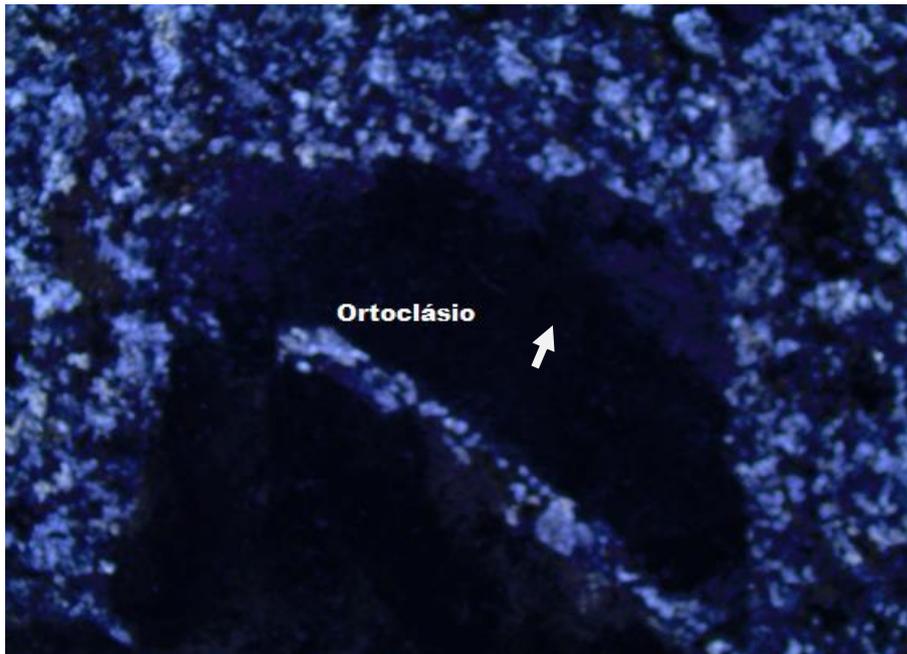
**Figura 36:** Fotomicrografia 2, lâmina da área de Riacho do Buraco.



Fonte: Próprio autor.

Na fotomicrografia 3, com os nicóis cruzados observa-se o Ortoclásio com suas geminações cruzadas.

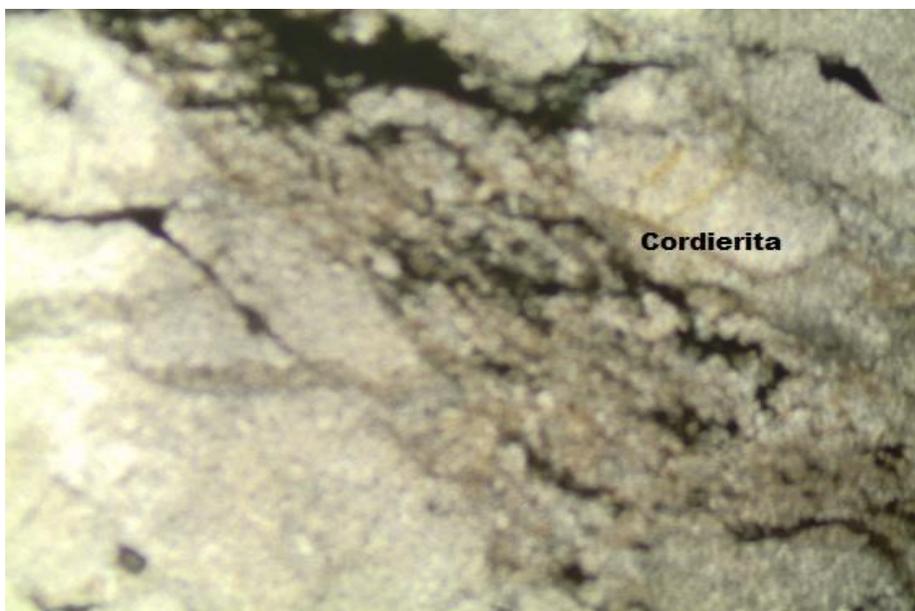
**Figura 37:** Fotomicrografia 3, lâmina da área de Riacho do Buraco.



Fonte: Próprio autor.

Nas fotomicrografias 4 (Luz Paralela) e 5 (Luz Polarizada), com um aumento de 40X, observa-se a presença de cordierita com inclusões de feldspato.

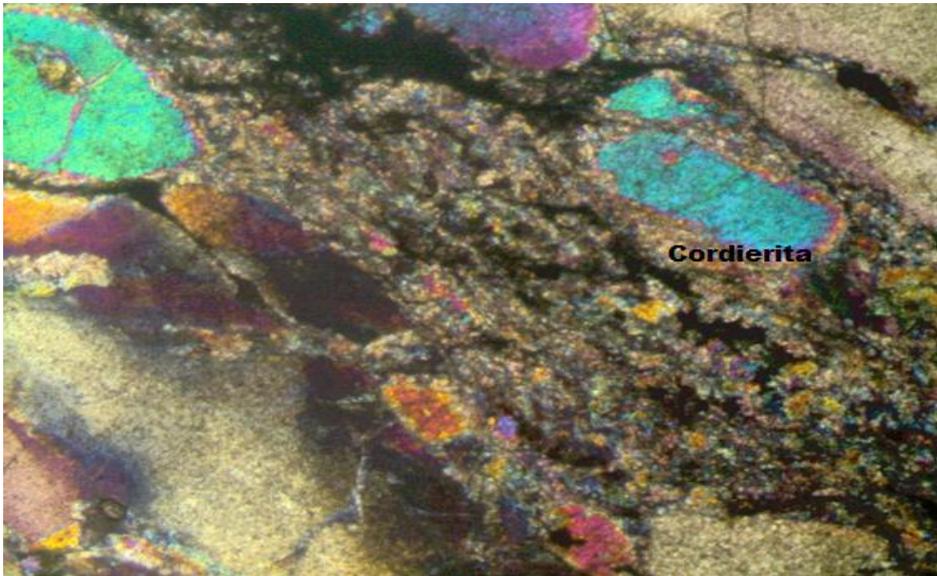
**Figura 38:** Fotomicrografia 4, Lâmina da área Boqueirão.



Fonte: Próprio autor.

Na fotomicrografia 5, analisada de uma lâmina delgada da área Boqueirão, percebe-se a presença da cordierita que associada ao quartzo apresenta a cor azul do material em questão.

**Figura 39:** Fotomicrografia 5, presença da cordierita no material, com nicóis cruzados.



Fonte: Próprio autor.

Na fotomicrografia 6 e 7, ambas da área Boqueirão, analisadas com nicóis paralelos observa-se a cordierita apresentando contato mais próximo do feldspatos, logo, pelo estudo da mineralogia sabe-se que o índice de refração da cordierita é menor do que o do feldspato plagioclásio.

**Figura 40:** Fotomicrografia 6



Fonte: Próprio autor.

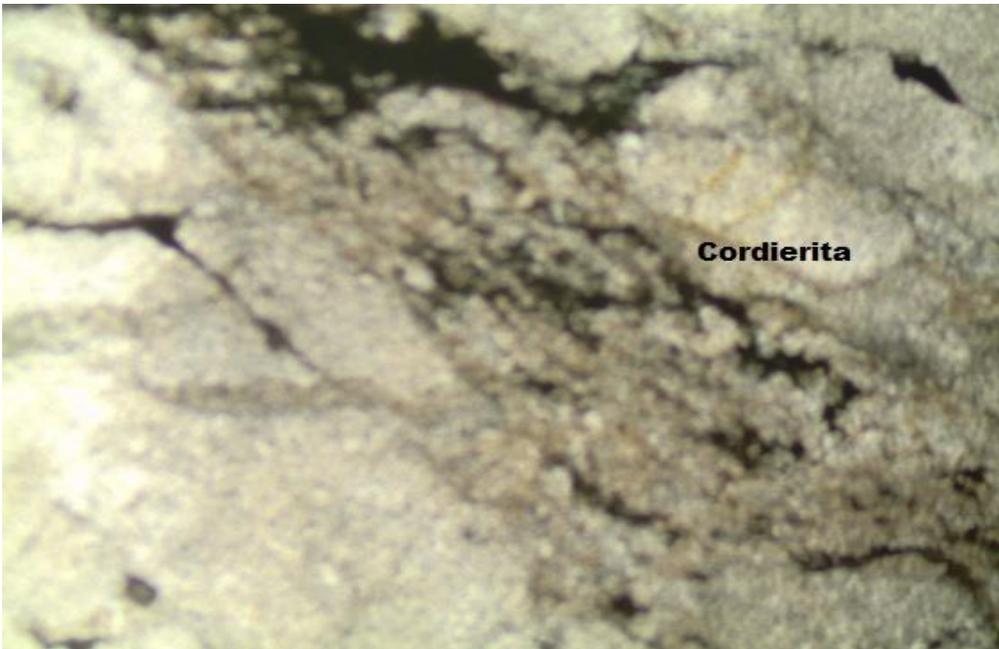
**Figura 41:** Fotomicrografia 7



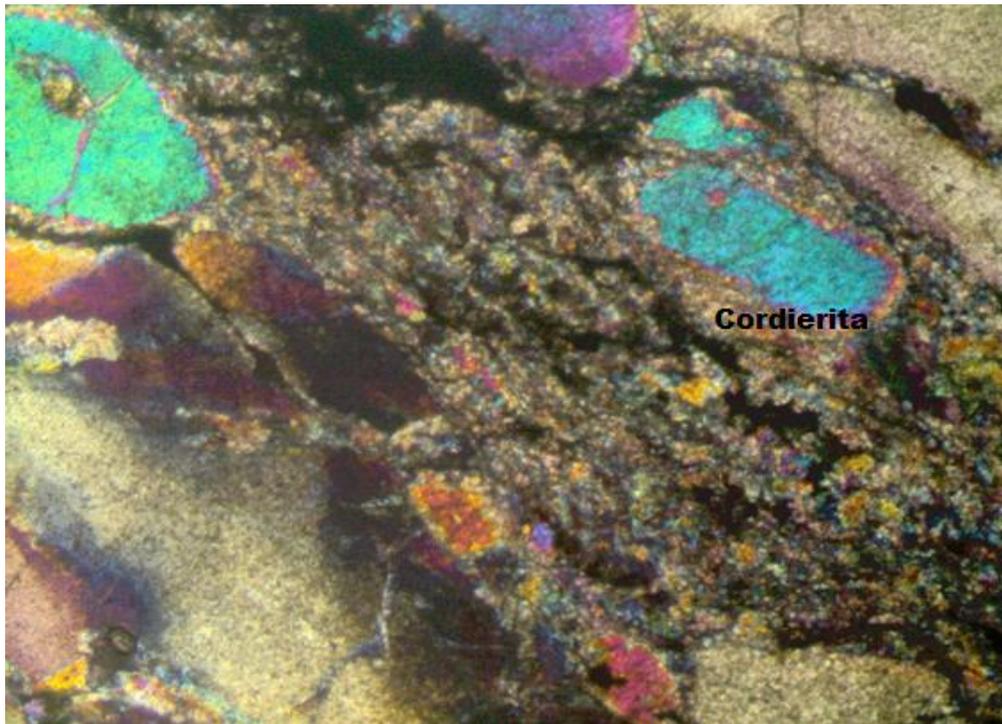
Fonte: Próprio autor.

Na figura 42(Luz Paralela) e 43(Luz Polarizada), com um aumento de 40X, observa-se a presença de cordierita com inclusões de feldspato.

**Figura 42:** Fotomicrofotografia 8, Lâmina da área Sucuru.



Fonte: Próprio autor.

**Figura 43:** Fotomicrografia 9, Lâmina da área Sucuru.

Fonte: Próprio autor.

Partindo de estudos macroscópicos e microscópicos do granito “azul sucuru”, constituem-se os dados mineralógicos do material, de acordo com a tabela 8.

**Tabela 8** - Ficha de Análise Petrográfica do “Granito Azul Sucuru”

<p><b>Denominações comerciais:</b></p> <p>Azul Sucuru</p>	<p><b>Procedência:</b></p> <p>Paraíba</p>	<p><b>Amostras:</b></p> <p>Riacho do Buraco, Pedra d'Água, Engenho Velho Boqueirão</p>
---	---	--

#### Descrição Macroscópica

Rocha de cor escura, predominantemente preta com fenocristais cristais de cor rosa, de aparência heterogranular variável, desde submilimétrica a supracentimétrica, formando agregados com até 1,5 cm. A rocha varia na composição relativa máficos: félsicos, ao redor de 1:5. Os félsicos são

---

essencialmente feldspatos potássicos róseos, com raros indivíduos de cor creme, e menos de 15% de quartzo azulado. Textura apresenta-se na forma isotrópica.

---

### Descrição Microscópica

---

**Análise Textural:** Heterogranular, variável, com minerais de tamanho supracentimétrico a submilimétrico. Há ordem de cristalização dos minerais silicáticos, em que as micas e os plagioclásios são mais cedo-cristalizados, o que sugere aumento inicial na mobilidade do magma pela presença da água, substituindo-se então por alcalinização na composição, com o advento e predomínio dos feldspatos potássicos, inclusive com intercrescimentos peritéticos e antiperitéticos. Fator químico interferente na mobilidade do magma foi o aumento no conteúdo em sódio dos plagioclásios, cedo-formados em relação aos feldspatos potássicos. Ainda percebe-se a presença da cordierita associada ao quartzo, a qual foi formada após os plagioclásios, e também determina a cor azulada presente no material.

---

**Análise estrutural:** Não há notável foliação, não obstante a presença de micas, com todas as repercussões nas aplicações de rocha isotrópica heterogranular, mas a extinção ondulante dos indivíduos nos agregados de quartzo sugere comportamento localizadamente frágil nos cristais dessa espécie mineral silicática.

---

**Minerais Essenciais:** Quartzo, K-feldspatos, Plagioclásio sódico [oligoclásio( $\leq$ mm)]; anfibólio e biotitas magnesianas.

---

**Minerais Acessórios:** Opacos, Cordierita que é um silicato de alumínio e magnésio, contendo um percentual pequeno de ferro.

---

**Mineralogia Secundária (alterações):** cordierita, alumínio, óxido de ferro, magnésio.

---

### Sumário da Descrição Microscópica:

---

**Análise Modal:** Quartzo associado à Cordierita (17 %); Ferro magnesianos [biotita (40%); hornblenda (3%)]; Plagioclásios (10%); K-feldspatos (30%)

---

<b>K-feldspato</b>	<b>Plagioclásio</b>	<b>Anfibólio</b>	<b>Biotita</b>	<b>Outros: (&lt; 17%)</b> Opacos, Carbonato, Quartzo, Cordierita Magnésiana e Ferrífera.	
Microclina e Ortoclásio (30%)	Oligoclásio sódico (10%)	Hornblenda magnésiana (3%)	Magnésiana (40%)		
<b>Tipo de Contato (%)</b>			<b>Grau de Microfissuramento: 10%</b>		
<b>Concavo-convexo e/ou interlobado</b>	<b>Poligonal</b>	<b>Serrilhado e/ou Reto</b>	<b>Índice de Coloração clara</b>	<b>Índice de Quartzo</b>	
10%	80%	10%	15 a 20%	10 a 12 %	

Fonte: Próprio Autor.

A composição mineralógica aponta para uma rocha rica em minerais ferro magnesianos tornando-a de cor escura principalmente, pela presença de mica preta (biotita) no material; entretanto, a presença dos outros minerais cuja dureza é elevada (acima de 5 na Escala de Mohs) possibilita elevada resistência ao desgaste o que revela ser um material de grande resistência à abrasão sendo de utilização em áreas de grande pisoteio como centros comerciais, saguões de aeroportos e outras áreas de grande número de transeuntes.

#### 4.3. Ensaio Tecnológicos

Segundo a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) que é o órgão que define estes ensaios e suas formas de execução, os ensaios tecnológicos em rochas ornamentais e de revestimento servem para caracterizar estes materiais e apontar possíveis aplicações nas edificações.

### 4.3.1 Índices Físicos

Os índices físicos são definidos pela relação básica entre a massa e o volume das amostras através das propriedades de massa específica (densidade) seca e saturada, porosidade e absorção d'água. Os resultados dos mesmos vão implicar na aprovação dos resultados para sua utilização no setor de rochas ornamentais.

Assim, a determinação da densidade aparente, porosidade aparente e da absorção de água do material coletado, nas condições seca, saturada e submersa, é de fundamental importância para uso das rochas ornamentais conforme NBR 15845:2010. Após a realização dos ensaios do material constata-se através de cálculos específicos, os índices físicos do granito "azul sucuru", apresentados na tabela 9, abaixo:

**Tabela 9:** Índices Físicos

Propriedades	"Azul Sucuru"	NBR15844
Densidade aparente (Kg/m <sup>3</sup> )	2.660	2.550
Porosidade (%)	0,26	1,00
Absorção de água (%)	0,10	0,40

Fonte: Próprio autor.

Durante a realização do ensaio, segundo a NBR 15845, anexo B, percebeu-se que quando das pesagens das amostras para a obtenção da massa seca, quase não houve alteração nas duas pesagens a seco; o que indica, conseqüentemente, que ao se colocar os corpos de prova na bandeja para saturação após 48 horas, observa-se que houve pouca absorção de água, o que ratifica o baixo valor de absorção desta rocha (0,10%). Assim, como as rochas graníticas agregam muitos valores estéticos na construção civil, o ideal é que ocorra pouca absorção de água, pois, isso implicará no desempenho e resistência do material, o que é assegurado pelos requisitos especificados pela NBR 15844. Baixos valores de absorção de água indicam também rochas de baixa porosidade. Sabe-se também que estes parâmetros (absorção e porosidade) são inversamente proporcionais à resistência à compressão da rocha. Portanto, eles traduzem rochas muito resistentes.

Segundo os requisitos para granitos da NBR15844:2010, constata-se que o granito Azul Sucuru possui requisitos ideais para aplicação em revestimentos exteriores e interiores na construção civil. Entretanto há que se considerar a

composição mineralógica e textura do material pois estas características do material são importantes quando do uso das rochas em ambientes sujeitos a processos químicos como atmosferas úmidas e, às vezes, acidificadas.

Portanto, constata-se que essa rocha apresenta coloração cinza amarronzada, textura granular de média a grosseira, presença de pórfiros de feldspatos brancos e avermelhados, possuindo trechos onde predomina o rosa e cristais de quartzo associados a cordierita, todos esses minerais disseminados numa matriz escura constituída de minerais máficos. Esse tipo de rocha apresenta beleza rara e características físicas excelentes para aplicação ornamental.

#### **4.3.2 Desgaste Amsler**

Segundo a Norma ABNT NBR 12.042 esse ensaio objetiva verificar a diminuição da espessura (mm) que duas placas apresentam após um percurso abrasivo de 1.000m. O valor desse desgaste Amsler é o valor médio da redução da altura dos corpos de prova, o qual tem uma equivalência com o desgaste real de abrasão de pisos revestidos com rochas, pois, a abrasão é função da intensidade de tráfego e limpeza do ambiente.

De acordo com os resultados obtidos, mostrados na tabela 1, o “Granito Azul Sucuru” apresenta, para percursos de 1000 metros, desgaste igual a 0,74mm, inferior, portanto, a 1,00mm que é valor máximo admitido pela NBR 15844 para rochas graníticas. Esta característica é explicada pelo teor de Quartzo (17%) presente nesta rocha sendo este o mineral essencial de dureza mais elevada (dureza 7,0 na Escala de Mohs) mais abundante na Crosta Terrestre e, também a Cordierita, mineral com dureza elevada (dureza 7,0 na escala de Mohs). Além desses minerais, os feldspatos também apresentam dureza 6, valor considerado elevado (maior que 5) na escala de Mohs. Desse modo, este material pode ser usado sem restrição: pode constituir pisos de áreas onde haja grande circulação de pessoas tais como centros comerciais, saguões de aeroportos, pisos de supermercados, etc.

Assim, esse material apresenta as exigências de mercado consumidor, atendendo as normas exigidas, de acordo com a tabela 10.

**Tabela 10:** Resistência ao desgaste.

Propriedades	“Azul Sucuru”	NBR 15844 - ABNT
Resistência ao desgaste (mm/1.000m)	0,74	1,00

Fonte: Próprio autor.

Portanto, devem-se observar essas características no material, para evitar perda de brilho e arranhadura da superfície. Logo, como esse material é rico em minerais de dureza elevada, o desgaste abrasivo do mesmo é menor devido à alta dureza dos minerais constituintes.

#### 4.3.3 Resistência à Compressão Uniaxial

De acordo com os dados obtidos a partir das análises de 4 blocos sendo 2 da áreas de Pedra D'água e 2 da área Boqueirão, cujas dimensões eram 7x7x7cm , realizadas no Laboratório de Análise Estrutural e de materiais Prof. Álvaro Celso U. Cavalcanti constatou-se que a resistência a compressão uniaxial é maior nos blocos oriundos da região de Pedra d'Água, pois, os mesmos foram analisados na direção perpendicular ao plano de fraqueza da rocha e, menor nos blocos da região de Boqueirão, no qual foram analisados na direção paralela a seu plano de fraqueza.

Esse resultado garante que os blocos oriundos de Pedra d'Água apresentam maior resistência à compressão uniaxial. A decomposição da força que age perpendicularmente ao plano de orientação da rocha não apresenta componente tangencial (na direção da orientação da rocha). Portanto na direção do plano de orientação da rocha, plano de fraqueza, não existe atuação de esforços que é o responsável pelas tensões de cisalhamento que colaboram para o rompimento/rutura da rocha. Por outro lado, nos blocos originários da área de Boqueirão, onde o esforço foi aplicado longitudinalmente à orientação do corpo-de-prova, o valor da resistência à compressão foi inferior àquele aplicado perpendicularmente aos planos de orientação da rocha; neste a componente principal age na direção do plano de fraqueza da rocha o que proporciona o rompimento a partir de menores valores de tensão. De acordo com ISRM (1977), as amostras ensaiadas podem ser classificadas com base na resistência a compressão uniaxial como mostra a Tabela 11. De acordo com ISRM (1977), as amostras ensaiadas podem ser classificadas com base na resistência a compressão uniaxial como mostra a Tabela 11.

**Tabela 11:** Classificação das rochas de acordo com a resistência à compressão uniaxial.

Classificação	Tensão (MPa)
Extremamente branda (solo)	< 1
Muito branda	1 – 5
Branda	5 – 25
Resistência média	25 – 50
Resistente	50 – 100
Muito resistente	100 – 250
Extremamente resistente	>250

Fonte: ISRM, 1977.

As amostras analisadas apresentaram como resultados para os valores de resistência à compressão simples 127,47 MPa e 65,91Mpa, respectivamente para as áreas de Pedra d'Água e Boqueirão. Diante dos resultados apresentados, conclui-se que, para as amostras cúbicas rompidas, as tensões de ruptura mostraram valores compatíveis, tanto na direção paralela quanto na perpendicular aos planos de fraqueza, com aqueles da NBR 15844 /2010. Requisitos para granitos. Outrossim, percebe-se que a rocha “Granito Azul Sucuru” é extremamente resistente de acordo com a tabela 7. Rochas de resistência à compressão elevada denotam características de pouca alteração e, portanto, baixa porosidade e absorção de água, além de apresentarem valores de resistência à tração por flexão, compatíveis com os vários usos. Portanto este tipo de rocha pode ser usado sem restrições em praticamente todos os tipos de aplicações.

#### 4.3.4 Medição do Brilho

De acordo com a estética de uma rocha ornamental, o brilho é u dos critérios fundamentais para sua seleção na aplicação como material de revestimento. Segundo Neves (2010), o polimento de rochas é um processo de desgaste de uma superfície envolvendo as três variáveis: características da rocha, os abrasivos e as condições operacionais. As características das rochas envolvem a textura, porosidade, estrutura e composição mineralógica.

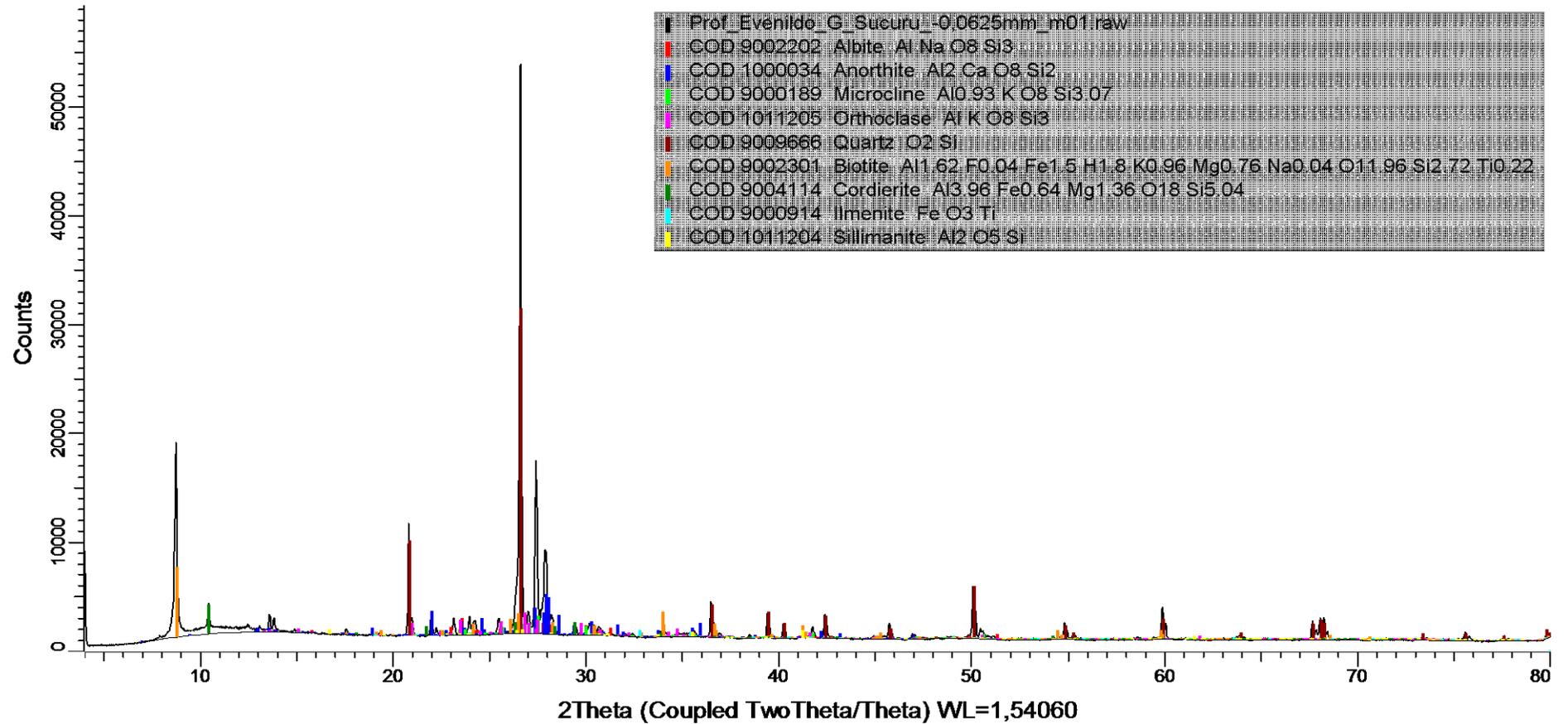
Observa-se pelas análises feitas nesse ensaio realizado com 9 amostras polidas do material no laboratório de Rochas Ornamentais/UFPE, que o granito “azul sucuru” apresenta brilho de equivalente a 73%, valor que é ideal para

comercialização no setor de rochas ornamentais que, de acordo com Neves (2010), o brilho ideal para comercialização é de 70%.

#### **4.4 Difração de Raios-X**

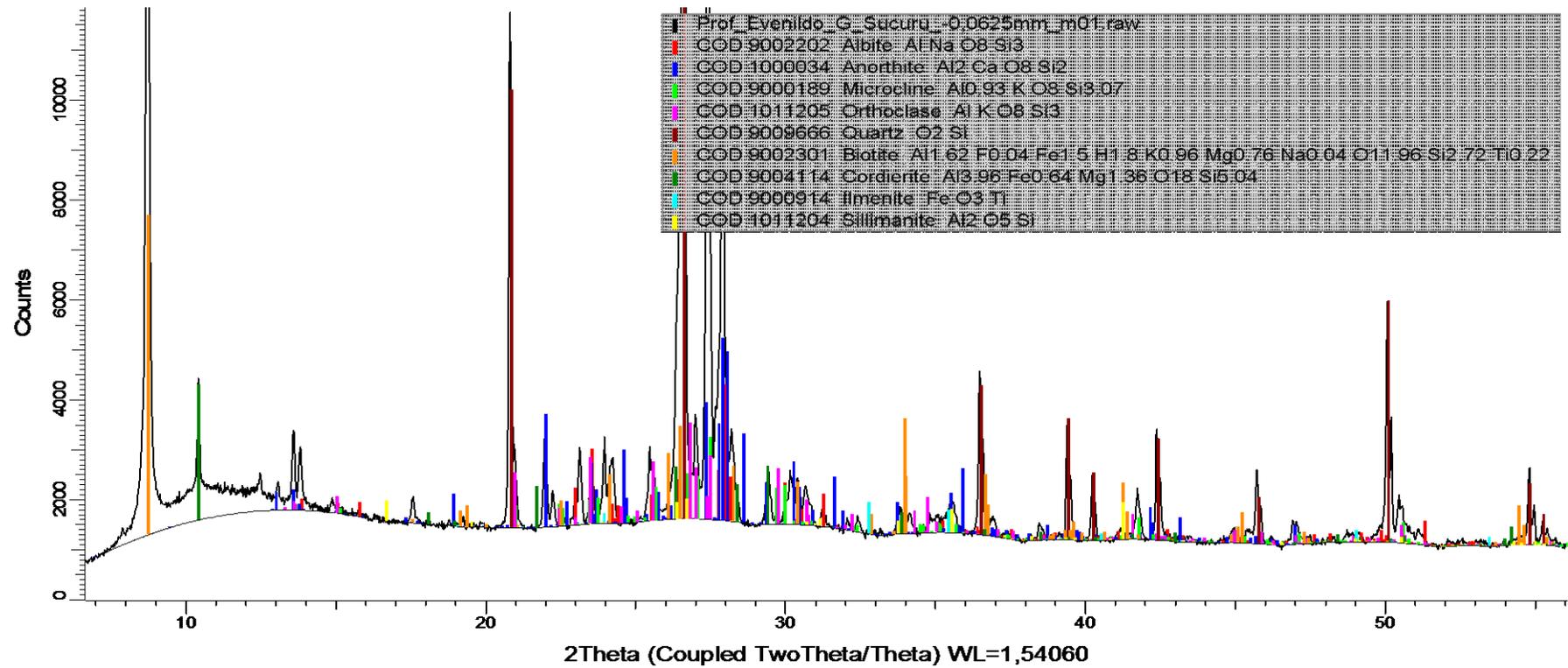
A partir dos resultados dos difratogramas obtidos pela DRX, as análises indicam a existência da cordierita nesse material, a qual potencializa a cor azul da rocha estudada, além dos minerais presentes no pó da brita desse material o que indica aplicações na indústria da construção civil e como rocha ornamental e de revestimento. Assim, comprovam-se os resultados obtidos na análise de petrografia microscópica feita do material amostrado. O estudo dos difratogramas é, no máximo, semiquantitativo, mas confirma o elevado teor de quartzo (25%) identificado extensivamente nos estudos petrográficos, inclusive microscópicos. Trata-se de mineral essencial de dureza bastante elevada (dureza 7,0 na Escala de Mohs) mais abundante na Crosta Terrestre, localizadamente associado com cordierita (5%), mineral do grupo dos ciclosilicatos, de dureza elevada, mas de frequência mais rara, compondo o grupo dos minerais acessórios da rocha. Assim, esta consorciação de minerais sugere que este é um tipo de rocha que pode ser aplicada em revestimentos internos, externos, áreas secas e úmidas e também em pisos de grande intensidade de pisoteio. Os difratogramas seguintes mostrados nas figuras 44 a 50 ilustram as características difratométricas dos minerais identificados.

Figura 44: Difratoograma 1, material passante na peneira # 0,0625.



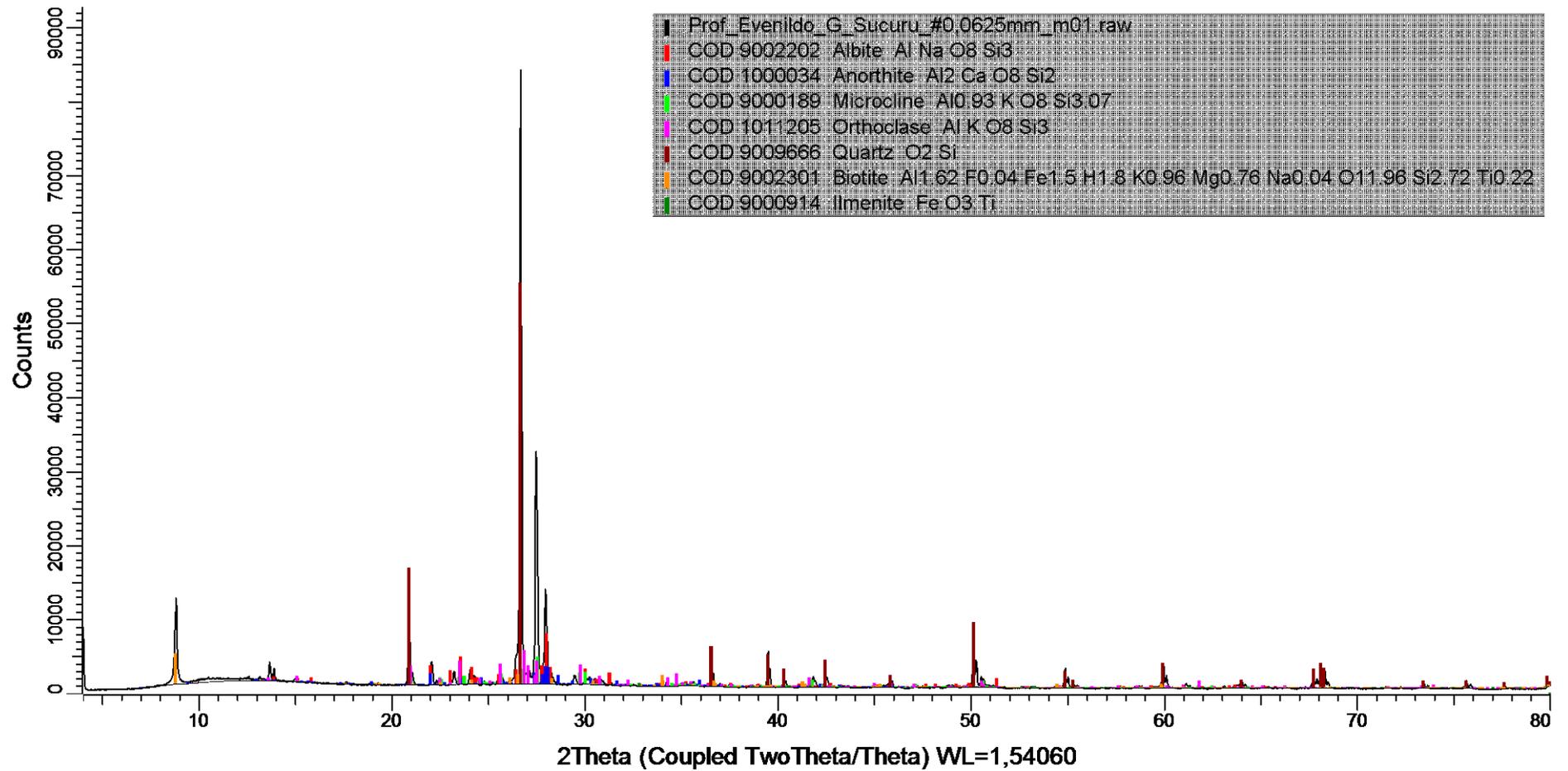
Fonte: Laboratório de Tecnologia em Minerais, 2015.

Figura 45: Difratoograma 2, material passante na peneira # 0,0625mm



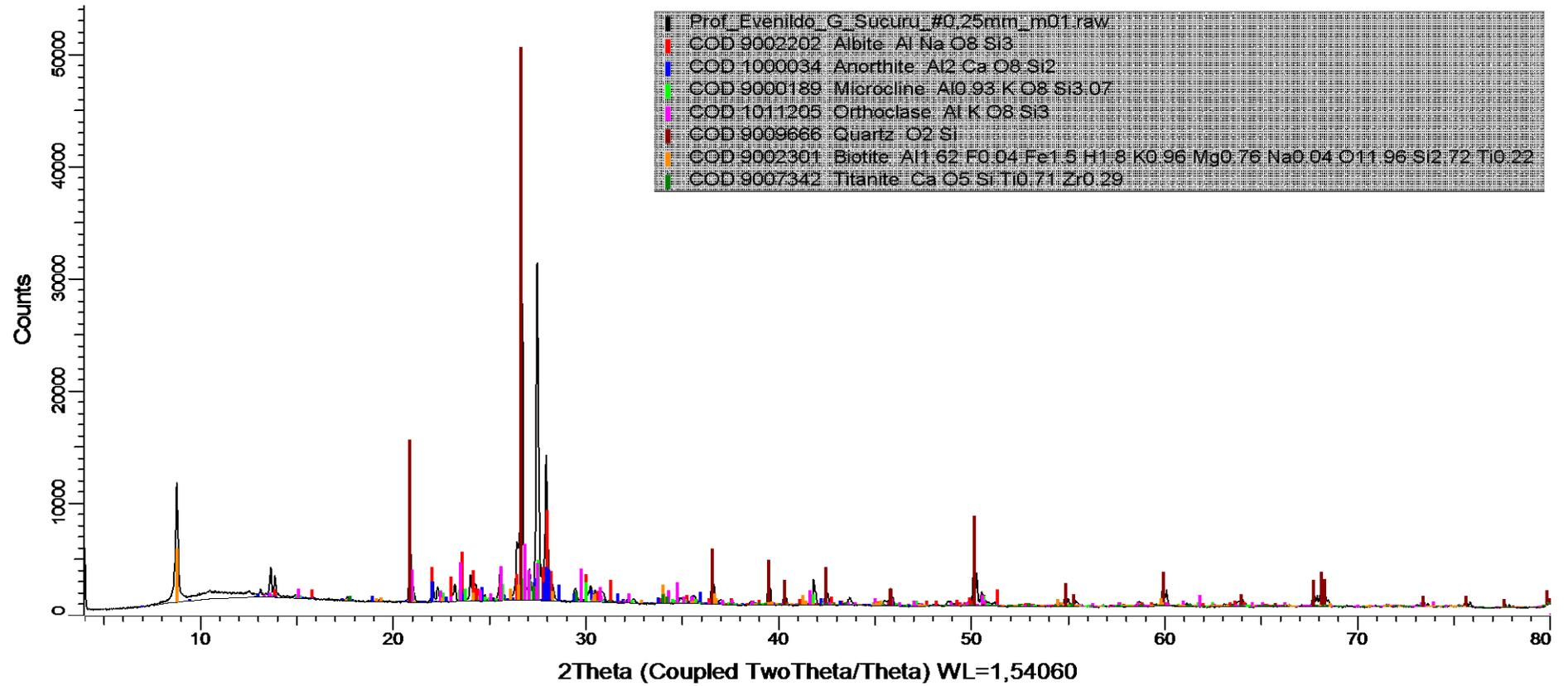
Fonte: Laboratório de Tecnologia em Minerais, 2015.

Figura 46: Difratoograma 3, material retido na peneira # 0,0625mm.



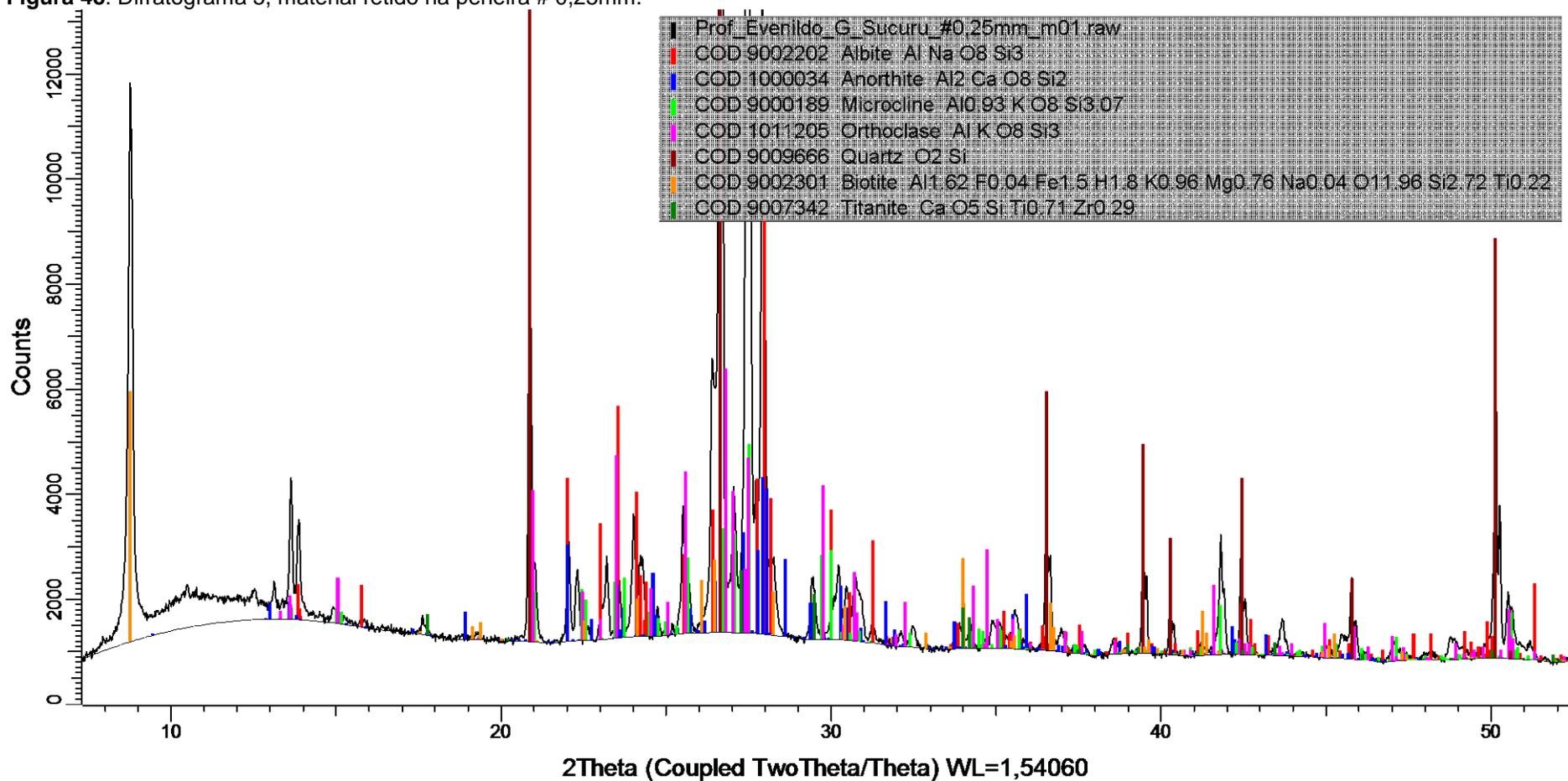
Fonte: Laboratório de Tecnologia em Minerais, 2015.

Figura 47: Difratoograma 4, material retido na peneira # 0,25mm.



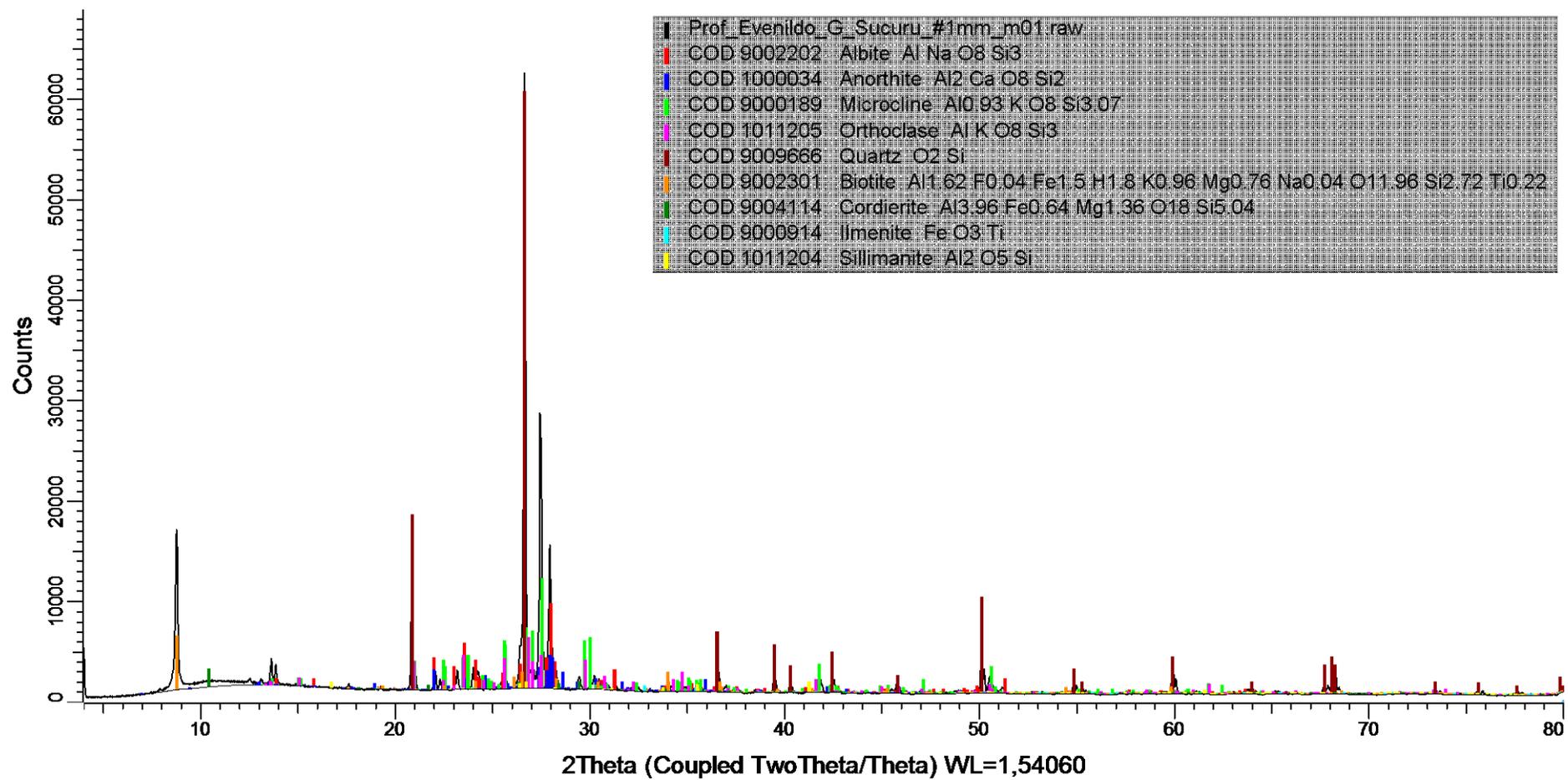
Fonte: Laboratório de Tecnologia em Minerais, 2015.

Figura 48: Difratoograma 5, material retido na peneira # 0,25mm.



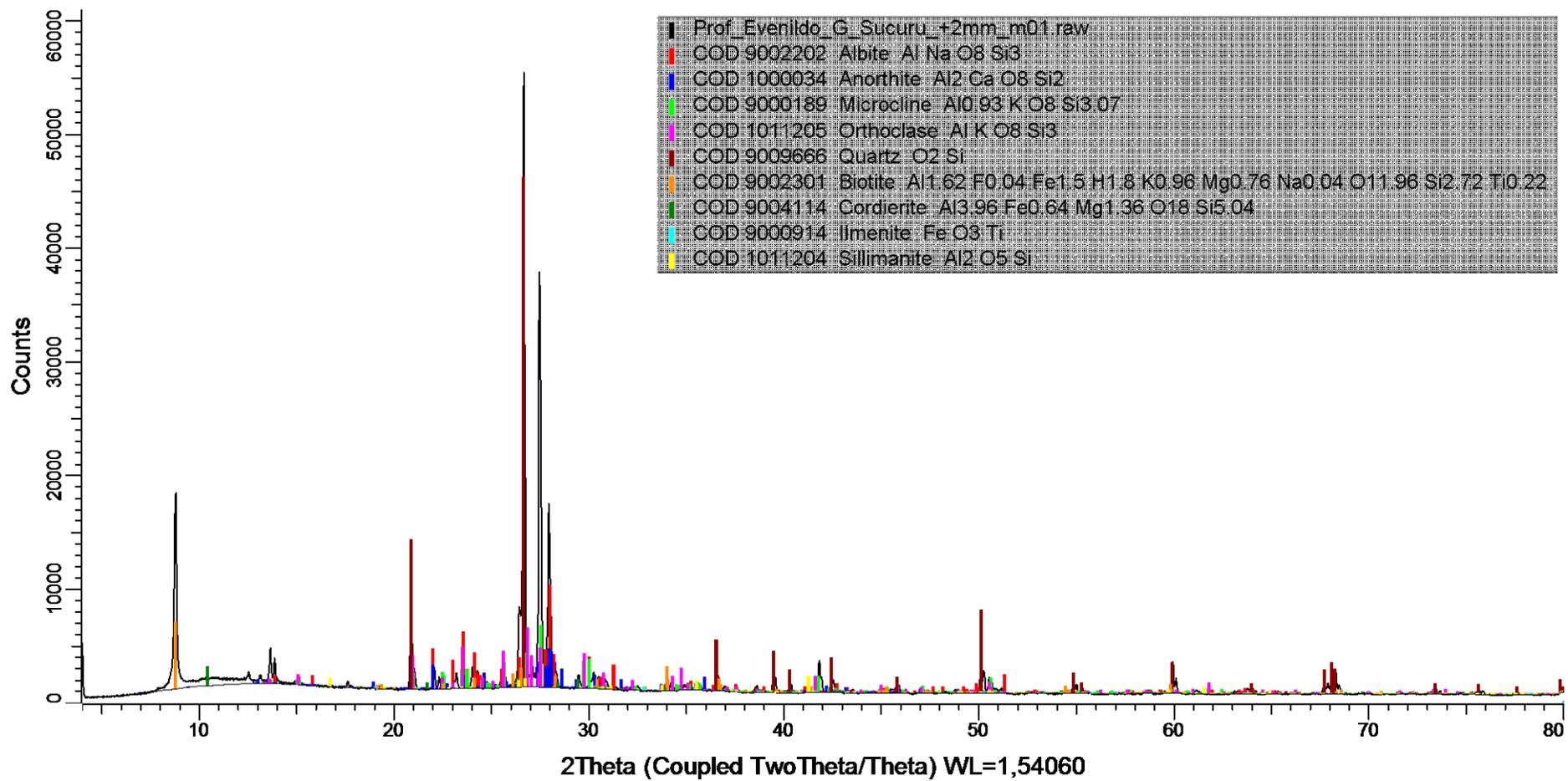
Fonte: Laboratório de Tecnologia em Minerais, 2015.

Figura 49: Difratoograma 6, material retido na peneira # 1,0 mm.



Fonte: Laboratório de Tecnologia em Minerais, 2015.

Figura 50: Difratoograma 7, material retido na peneira # 2,0mm.



Fonte: Laboratório de Tecnologia em Minerais, 2015.

As amostras analisadas pela difração de raios X apresentaram mais de uma fase mineral por amostra (de 07 a 09 fases minerais) após a caracterização, por se tratar de materiais rochosos (constituídos por diversas fases minerais, em geral).

Os perfis obtidos por meio de difração de raios X apresentam características a respeito dos minerais presentes na amostra. Percebe-se a presença de picos de Quartzo por ser o mineral mais abundante na face da Terra apresenta o maior pico em todos os difratogramas acima, além de compor o grupo dos silicatos ocorre comumente em rochas magmáticas, metamórficas e sedimentares., mas aparecem picos de variedades da série dos feldspatos como Albita Microclina , Anortita e Ortoclásio. Ainda se pode perceber a presença de minerais ferromagnesianos, como a biotita, fato que prejudica a aplicação desse material como revestimento externo e sob ação de umidade, mas, o mesmo com aplicações de técnicas impermeabilizantes, podem evitar o problema de oxidação do material devido ao pequeno teor de ferro e maior quantidade de magnésio.

Os resultados obtidos por meio de difração de raios X apresentam características a respeito dos minerais presentes na amostra. Ainda se pode perceber a pouca presença de minerais ferromagnesianos, fato que não prejudica a aplicação desse material como revestimento interno ou externo, pois, o problema de oxidação é quase nulo devido ao pequeno teor de ferro e maior quantidade de magnésio.

Portanto, a partir da DRX observa-se que o “Granito Azul Sucuru” apresenta a cor azulada nos cristais de quartzo devido a presença da cordierita como mineral acessório, a qual não apresenta clivagem, logo sua fragmentação é alta, fato que a determina o seu aparecimento em granulometrias mais finas, já o quartzo por ser mais abundante aparece em todos os difratogramas.

Assim, os difratogramas acima, são distintos, não só quanto à cristalinidade, mas, sobretudo quanto às composições das fases, onde são observadas impurezas, provavelmente pela associação com outros minerais, como as micas, cordierita, ilmanita, silimanita e titanita.

## 5 Considerações Finais

Os dados geológicos-estruturais, mineralógicos, petrográficos e a caracterização tecnológica do “Granito Azul Sucuru” possibilitaram estudo que indica a aplicabilidade deste material tanto no mercado de rochas ornamentais como na forma de agregados que são insumos para a construção civil.

A partir de visitas de campo nas áreas em que se encontram os vários fácies destelitotipo, observa-se que, nas áreas Riacho do Buraco e Pedra d’Água, o material pétreo apresenta potencial para ser aproveitado como brita e agregado miúdo para confecção de argamassas, devido ao fato do material apresentar macroscopicamente elevado teor de feldspato (30%) ideal para a produção destes insumos. Todavia, nas áreas de Boqueirão e Sucuru, o material apresenta cristais azuis de maior tamanho e beleza, aspecto relevante na estética, além dos blocos não serem muito fraturados, que são perfeitos para produção ornamental, pois se adequam às dimensões dos teares multi-lâminas e talha blocos. Observa-se ainda que existam, em todas as áreas, matacões aflorando e o maciço rochoso encontra-se em baixo relevo. Apesar destes matacões não apresentarem tamanhos compatíveis com os equipamentos para a produção de chapas pétreas com dimensões adequadas para a demanda do mercado, a topografia da área facilita o acesso a estes materiais que podem ser usados, de forma alternativa, na confecção de agregados graúdos e miúdos, insumos básicos para a produção de concretos e argamassas.

As características tecnológicas se refletem no comportamento físico-mecânico de rochas nas condições normais de utilização, diagnosticando problemas estéticos decorrentes da seleção e aplicação inadequada dos materiais. O material apresenta índices físicos compatíveis com o exigido pela ABNT, sendo que os procedimentos e padrões de avaliações dos resultados de ensaios são determinados por normas técnicas nacionais e internacionais. Por consequência, no caso do Granito Azul Sucuru, constatou-se que é uma rocha que pode ser aplicada em revestimentos internos, externos, áreas secas e úmidas e também em pisos de grande intensidade de pisoteio. Ainda, a difração de raios-X mostrou a presença de minerais acessórios, entre eles ferro-magnesianos e a cordierita, responsável pela tonalidade azulada da rocha, que podem fornecer características do material importantes para a sua aplicação.

A utilização dos rejeitos desta rocha conseguirá reduzir significativamente alguns impactos tais como a presença de matacões de tamanho não adaptado aos teares e rejeitos que transformam a paisagem e alteram a rede de drenagem da área. Consequentemente possibilitará uma valorização da área, diminuição da poluição visual e aumento da cobertura vegetal. Sabendo que o setor de rochas ornamentais gera uma quantidade grande de resíduos nas suas distintas fases de extração e beneficiamento, observou-se que o Granito Azul Sucuru, também pode ser utilizado como insumo básico na construção civil. Pois, não se pode esquecer esta realidade, onde os agentes envolvidos neste processo, apesar de interesses diferentes têm procurado soluções que torne o ambiente menos degradável. Assim, os rejeitos do “Azul Sucuru” pode ter aproveitamento sob a forma de brita para construção civil, apesar de apresentar 27% de britas de forma alongada. Isto não seria empecilho para uso na confecção de concretos desde que cuidados devam ser tomados quanto à forma e dimensão do grão para que para evitar que as mesmas fiquem presas entre as barras de aço que compõem a armadura e dificultem o adensamento do concreto, podendo causar problemas como segregação da mistura e vazios nas fôrmas.

A aplicação da metodologia considerada adequada na presente pesquisa levou à determinação de parâmetros de aplicação referentes à jazida do Granito Azul Sucuru. A partir disto, torna-se interessante para o mercado o uso do Granito Azul Sucuru seja como rocha ornamental e/ou de revestimento ou como insumo básico para a construção civil, uma vez que seu retorno financeiro e ambiental será bastante rentável o mercado industrial e sociedade local e, ainda atende à política estabelecida para o aproveitamento das rochas ornamentais do Estado da Paraíba e do Brasil.

Finalmente, essa pesquisa contribui para um melhor aproveitamento do “Granito Azul Sucuru”. Embora não conclusiva busca incentivar a comunidade acadêmica no estudo de rochas ornamentais.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT NBR 15845. **Rochas para revestimento**. Metodos de Ensaio. ANEXO A (normativo) Analise Petrográfica. 2010.

ABNT NBR 15845. **Rochas para revestimento**. Metodos de Ensaio. ANEXO B (normativo) Densidade aparente, porosidade aparente e absorcao de agua.2010.

ABNT NBR 15845. **Rochas para revestimento**. Metodos de Ensaio. ANEXO D (normativo) Resistencia ao congelamento e degelo. 2010.

ABNT NBR 15845. **Rochas para revestimento**. Metodos de Ensaio. ANEXO E (normativo) Resistencia a Compressao Uniaxial. 2010.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Rochas para revestimento** - Análise petrográfica. 3 p. (Norma ABNT - NBR 12768). 1992 a.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Rochas para revestimento** - Determinação da massa específica aparente, porosidade aparente; absorção d'água aparente. 2 p. (norma ABNT-NBR 12766). 1992b

ABREU, ANA CRISTINA FERNANDES. **Monografia Análise Corporativa dos agregados graúdos, britas, calcaria e granítica, e dos agregados miúdos, resíduos de borracha de pneu e areia, para utilização em concreto**. Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, RN, 2014.

ABIROCHAS. **Rochas ornamentais no século XXI**. Banco de dados. Disponível na Internet. <http://www.abirochas.com.br/br/index.html>. Acesso em 25 de janeiro de 2015.

ALENCAR, C. R. A; CARANASSIOS, A; CARVALHO, D. **Tecnologia de Lavra e Beneficiamento de Rochas Ornamentais**. Fortaleza, Instituto Euvaldo Lodi, 1996, 225p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR ISO 14001. **SGA Especificação e diretrizes para uso**. Rio de Janeiro, 1996.

BUTLER, A. M. **Concreto com Agregados Graúdos Reciclados de Concreto: influência da idade de reciclagem nas propriedades dos agregados e concretos reciclados**. São Carlos, 2003. 199 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.

CEFET-PR, 2004. **Apostila de Tecnologia do Concreto**. Departamento Acadêmico de Construção Civil. Engenharia de Produção Civil.

CPRM EM PARCERIA COM A UFPE – **Programa Geologia do Brasil**. Geologia da Folha Sumé. Paraíba, 2000.

COSTA, A.G.; CAMPELLO, M.S.; MACIEL, S.L.; CALIXTO, C.; BEZERRA, J.E. 2002. **Rochas ornamentais e de revestimento: proposta de classificação com base na caracterização tecnológica.** In: III Simpósio sobre Rochas Ornamentais do Nordeste, Anais, Recife, PE.

COSTA, A.G., CAMPELLO, M.S., PIMENTA, V.B.; **Rochas Ornamentais e de Revestimento de Minas Gerais: Principais Ocorrências, Caracterização e Aplicações na Indústria da Construção Civil.** Geonomos, 8(1): 9-13. Minas Gerais, 2000.

CULLITY, B. D. **Elements of X-ray Diffraction**, Massachusetts: Addison-Wesley Publishing Company, Inc., 1967. 514p

CUNHA, EDURADO HENRIQUE DA. **Agregados – notas de aula PUC Goiás.** Acesso em setembro/2015.

FARIAS, CARLOS EUGÊNIO GOMES. **Mineração e Meio Ambiente no Brasil.** Outubro de 2002.

FERREIRA, SAMUEL NUNES. **Geologia estrutural aplicada às rochas ornamentais na Pedreira Knawa, Cláudio (MG). 2004.** Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2004.

FILHO, CID C. E CHIODI, DENIZE K. **Relatório Técnico 33 – Perfil de Rochas Ornamentais e de Revestimento.** São Paulo, 2009.

FRASCÁ, M. H. B, FRAZÃO, E. B. **Proposta de especificação tecnológica para agregados graúdos. Areia & Brita**, nº 19, p. 28-33. (2002).

FRAZÃO, E.B. **Tecnologia de Rochas na Construção Civil.** Ed. ABGE, São Paulo, 2002. P.33-83.

JOHN, VANDERLY M. **Reciclagem de resíduos na construção civil: Contribuição para metodologia de pesquisa e desenvolvimento. 113f.** Tese (Livre Docência) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo. 2000.

MELO, EVENILDO B. DE. **Petrologia e Geoquímica de Granitóides Tardi a Pós-Brasileiros ao Sudeste da Zona de Cisalhamento de Afogados da Ingazeira. 2004.** Tese de Doutorado Programa de Pós-Graduação em Geociências. Centro de Tecnologia e Geociências. Universidade Federal de Pernambuco. 2004.

MEYER, M. M. **Gestão ambiental no setor mineral: um estudo de caso.** Dissertação (Mestrado em Engenharia da Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2000.

NAVARRO, FABIANO CABAÑAS. **Influência da petrografia sobre a anisotropia à tensão de compressão e dilatação térmica de rochas ornamentais. 2006.** Tese

(doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2006.

NEVES, MÁRCIA DE C. – **Estudo Experimental do Polimento de Diferente “Granitos” e as Relações com a Mineralogia. 2010.** Dissertação (Mestre em Ciências). Universidade de São Paulo. São Carlos – São Paulo, 2010.

PERDIZ, ROGÉRIO SALLES. **Avaliação da Utilização do Granito da Região de Moura do Município de Barcelos como Agregado Graúdo em Concreto. 2009.** Dissertação, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, AM, 2009.

PETRUCCI, ELÁDIO G. R. **Concreto de cimento portland.** São Paulo: Globo, 1998.

PIMENTA, DHIEGO SARAIVA. **Produção de Concreto Convencional com A Utilização de Pó de Brita. 2012.** Trabalho de conclusão de curso, Engenharia Civil, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, PB, 2012.

PPGEMINAS. **Relatórios da Excursão da Disciplina Pesquisa e Prospecção de Rochas Ornamentais.** Programa de Pós Graduação em Engenharia Mineral, 2014.

SANTOS, ROBSON ARRUDA DOS SANTOS. **Reaproveitamento dos Resíduos de Britagem de Granito-Uso como Agregado Artificial na Construção Civil. 2011.** Trabalho de conclusão de curso. Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, PB, 2011.

TAHA, B., NOUNU, G. **“Utilizing Waste Recycled Glass as Sand/Cement Replacement in Concrete.”** JOURNAL OF MATERIALS IN CIVIL ENGINEERING, 2009: 709 - 721.

TEODORO, SABRINA BASTOS. **Avaliação do Uso da Areia de Britagem na Composição do Concreto Estrutural. 2013.** Trabalho Final de Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora, MG, 2013.

WINKLER, E.M. (1997). *Stone in Architecture: properties, durability.* 3. ed. Berlin: Springer- Verlag. 313p.

YOSHIDA, R.; FRAZÃO, E.B.; GIROLDO, A. M.P. **Estudos sobre a forma de agregados rochosos.** In. 4 semana Paulista de Geologia Aplicada, 1972, São Paulo. Anais SPGA. São Paulo: APGA. P.285-332.