

**Felipe Santana Machado  
Aloysio Souza de Moura  
(Organizadores)**



# EDUCAÇÃO, MEIO AMBIENTE E TERRITÓRIO 3

**Atena**  
Editora  
Ano 2019

Felipe Santana Machado  
Aloysio Souza de Moura  
(Organizadores)

# Educação, Meio Ambiente e Território 3

Atena Editora  
2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Lorena Prestes e Karine de Lima

Revisão: Os autores

### Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista  
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

E24	Educação, meio ambiente e território 3 [recurso eletrônico] / Organizadores Felipe Santana Machado, Aloysio Souza de Moura. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (Educação, Meio Ambiente e Território; v. 3)  Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-144-2 DOI 10.22533/at.ed.442192102  1. Divisões territoriais e administrativas 2. Educação ambiental. 3. Meio ambiente – Preservação. 4. Geologia. I. Machado, Felipe Santana. II. Moura, Aloysio Souza de.  CDD 320.60981
-----	---

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2019

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

## APRESENTAÇÃO

Território é um dos termos mais utilizados pela Geografia, pois está intimamente relacionado aos sistemas de formação e transformação do espaço geográfico. Esta definição pode variar segundo a corrente de pensamento, e ou da abordagem que se realiza, mas a concepção mais comumente acolhida, o relaciona ao espaço delimitado a partir de uma associação de poder, seja político, religioso entre outros.

Na atualidade, o termo território é contemplado, nas mais diversas pesquisas e abordagens, como um espaço demarcado pelo uso de fronteiras – desnecessariamente visíveis – e que se fixa a partir de uma expressão e imposição de poder, contudo, desigualmente das concepções anteriores, o território pode se mostrar em múltiplas escalas, não possuindo necessariamente uma natureza política, mais também climáticas, vegetacionais e edáficas. A obra “Educação, Meio ambiente e Território” apresenta uma série de livros de publicação da Atena Editora. Em seu terceiro volume, com 27 capítulos, enfatizamos estudos sobre território, com destaque aos estudos de solos e geotécnicos, a influência de estudos erosivos para manutenção de aspectos geológicos e geográficos, e uma série de estudos de viabilidade hídrica, tanto superficiais quanto subterrâneos.

Acreditamos ser extremamente oportuno apresentar um primeiro capítulo que aborde uma temática tão atual (Jan 2019), uma vez que o Brasil tem sofrido com inúmeros desastres ambientais por parte de mineradoras localizadas no estado de Minas Gerais que não tem a destinação correta para seus rejeitos. O desastre de Mariana em novembro de 2015 e mais recentemente o desastre de Brumadinho são considerados os maiores desastres desta categoria do Brasil, pois além das perdas humanas, afetou inúmeras cidades ao longo das bacias hidrográficas do Rio Doce e Vale do São Francisco, os deixou sem água potável, dizimou grande parte da biodiversidade, e gerou um grande impacto nos estados nos quais perpassaram com influências visíveis inclusive no oceano Atlântico.

E por fim, finalizamos esse volume apresentando informações sobre danos físicos ao ambiente, mitigação de impactos ambientais, bem como técnicas de sensoriamento remoto e análises multitemporais sobre áreas de cultivo e florestais. Dessa forma, conseguimos elencar uma grande gama de aspectos relacionados ao território que não foram antes mencionadas em trabalhos científicos de forma a construir uma base de exemplos/metodologias que podem ser seguidos(as) e utilizadas como base para tomada de decisão dentro das diferentes esferas governamentais e científicas.

Esperamos que esta obra possa contribuir com o conhecimento sobre o território e com artífices ambientais para a sua preservação. Mesmo cientes da existência dos problemas mencionados nos diferentes capítulos, as informações normalmente são veiculadas de formas mais populares em detrimento de informações científicas. Isso interfere na opinião pública que ignora ou esquece problemas tão graves e que terão consequências ao longo de dezenas ou até centenas de anos. Acredita-se que

a informação presente nesse volume três possa estimular boas práticas que poderão ser disseminadas para evitar maiores problemas de ordem territorial e ecológica.

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
VILA DE ITAPINA E OS LAÇOS COMO RIO DOCE: REGISTROS DE MEMÓRIA APÓS O ROMPIMENTO DA BARRAGEM DE REJEITOS DE FUNDÃO (SAMARCO/VALE/BHP)	
Bianca Pavan Piccoli Maria Cristina Dadalto Patrícia Pavesi Sônia Missagia Matos Leonardo Nunes Aranha Douglas dos Santos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4421921021</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>18</b>
ASPECTOS GEOLÓGICOS-GEOTÉCNICOS PARA IMPLANTAÇÃO DA BARRAGEM ITAÍBA NO ESTADO DE PERNAMBUCO	
Hosana Emilia Abrantes Sarmiento Leite Rafaella Teixeira Miranda Maiara de Araújo Porto Túlio Martins de Lima Natália Milhomem Balieiro	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4421921022</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>35</b>
ANÁLISE DO SOLO LOCALIZADO NA REPRESA DO RIO TAPAJOS NO MUNICÍPIO DE ITAITUBA	
Derek Leão Monteiro Eliana Costa Seabra Jamilly Rocha de Araújo Wesley Leão Monteiro	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4421921023</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>41</b>
ESTIMATIVA DA VULNERABILIDADE NATURAL À CONTAMINAÇÃO DO AQUÍFERO SERRA GERAL EM BOA VISTA DAS MISSÕES - RS	
Willian Fernando de Borba Gabriel D'Ávila Fernandes José Luiz Silvério da Silva Bruno Acosta Flores Mirta Teresinha Petry Lueni Gonçalves Terra	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4421921024</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>49</b>
LEVANTAMENTO DE SOLOS DO JARDIM BOTÂNICO DE PORTO ALEGRE	
Edsleine Ribeiro Silva Luis Fernando da Silva Paulo César do Nascimento	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4421921025</b>	

**CAPÍTULO 6 ..... 57**

SUBSÍDIOS GEOLÓGICOS PARA O PLANEJAMENTO URBANO E AMBIENTAL DO MUNICÍPIO DE IGREJINHA/RS

Saulo Borsatto  
Norberto Dani  
Rafael da Rocha Ribeiro  
Nelson A. Lisboa

**DOI 10.22533/at.ed.4421921026**

**CAPÍTULO 7 ..... 71**

USO DO XRF EM AMOSTRAS DE SOLO DA COMUNIDADE ILHA DIANA – SANTOS, SP

Larissa Felicidade Werkhauser Demarco  
Alexandre Muselli Barbosa  
Marcos Jorgino Blanco  
Amanda Figueredo Fonseca  
Leonardo Silveira Takase  
Luiza de Araújo João Sobrinho  
Felipe Ian Strapasson Saldias

**DOI 10.22533/at.ed.4421921027**

**CAPÍTULO 8 ..... 79**

VERIFICAÇÃO DA ADESÃO EM SOLO GRAMPEADO OBTIDA ATRAVÉS DE ENSAIOS DE ARRANCAMENTO COMPARADOS COM MÉTODOS EMPÍRICOS

Rodrigo Rogério Cerqueira da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.4421921028**

**CAPÍTULO 9 ..... 91**

PROCESSOS EROSIVOS HÍDRICOS LINEARES DOS TIPOS RAVINA E BOÇOROCA

Gerson Salviano de Almeida Filho  
Geraldo Figueiredo de Carvalho Gama Júnior

**DOI 10.22533/at.ed.4421921029**

**CAPÍTULO 10 ..... 100**

COMPARED BACKGROUND AND REFERENCE VALUES IN SOURCES OF CADMIUM-ENRICHED SOILS FROM BRAZIL

Fernando Machado de Mello  
Essaid Bilal  
Gustavo Neves  
Maria Eduarda Loureiro dos Reis Teodoro  
Thiago Peixoto de Araujo

**DOI 10.22533/at.ed.44219210210**

**CAPÍTULO 11 ..... 113**

CORRELAÇÕES DE RESISTÊNCIA PARA ALGUMAS ROCHAS METAMÓRFICAS DO ESTADO DE MINAS GÉRIAS, SUDESTE DO BRASIL

Klinger Senra Rezende  
Daniel Silva Jaques  
Eduardo Antônio Gomes Marques

**DOI 10.22533/at.ed.44219210211**

**CAPÍTULO 12 ..... 123**

CARACTERIZAÇÃO DAS FRAÇÕES DE FÓSFORO NO SEDIMENTO SUPERFICIAL DOS RIOS ARACAÍ, CARAMBEÍ E GUAÇU NA CIDADE DE SÃO ROQUE/SP

Sâmia Rafaela Maracaípe Lima  
Mainara Generoso Faustino  
Eddy Bruno dos Santos  
Tatiane Bernardino Seixas Carvalho da Silva  
Maria Aparecida Faustino Pires  
Marycel Elena Barboza Cotrim

**DOI 10.22533/at.ed.44219210212**

**CAPÍTULO 13 ..... 137**

ANÁLISE DAS RELAÇÕES IÔNICAS COMO PARTE DA ANÁLISE HIDROQUÍMICA DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS À OESTE DO RIO GUANDU - BAIXADA FLUMINENSE - RJ

Isabela Martins Itabaiana  
Décio Tubbs Filho  
Patrick Aloe Teixeira

**DOI 10.22533/at.ed.44219210213**

**CAPÍTULO 14 ..... 147**

AValiação da qualidade ambiental das águas e dos sedimentos da Bacia Hidrográfica do Rio Aurá (RMB) entre os anos de 2002 a 2018

Gilmar Wanzeller Siqueira  
Fabio Marques Aprile  
Arthur Araújo Ribeiro  
Alda Lucia da Costa Camelo  
Alzira Maria Ribeiro dos Reis  
Maria Alice do Socorro Lima Siqueira

**DOI 10.22533/at.ed.44219210214**

**CAPÍTULO 15 ..... 164**

AValiação da vulnerabilidade intrínseca a contaminação do aquífero em Salvador do Sul – RS

Jauana Marilise do Nascimento Riegel  
Gabriel D'Ávila Fernandes  
Pedro Daniel da Cunha Kemerich  
José Luiz Silvério da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.44219210215**

**CAPÍTULO 16 ..... 171**

AValiação de parâmetros indicadores da qualidade das águas pluviais para fins de consumo potável na cidade de Belém-PA

Milene Pereira Mendes  
Ronaldo Lopes Rodrigues Mendes

**DOI 10.22533/at.ed.44219210216**

**CAPÍTULO 17 ..... 180**

DETERMINAÇÃO DA CURVA CHAVE PARA UM TRECHO DO RIO DA PRATA-RS

Franciele Priori  
Sara Regina Sperotto  
Taison Anderson Bortolin

**DOI 10.22533/at.ed.44219210217**



**CAPÍTULO 18 ..... 187**

EROSÃO HÍDRICA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DO PEIXE, SÃO PAULO, BRASIL

Gerson Salviano de Almeida Filho  
Zeno Hellmeister Júnior

**DOI 10.22533/at.ed.44219210218**

**CAPÍTULO 19 ..... 198**

LEGISLAÇÃO MUNICIPAL SOBRE RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS NA BACIA HIDROGRÁFICA TAQUARI ANTAS

Tuane de Oliveira Dutra  
Pedro Antonio Roehe Reginato  
Vinícius Menezes Borges  
Marcos Imério Leão  
Gustavo Barbosa Athayde

**DOI 10.22533/at.ed.44219210219**

**CAPÍTULO 20 ..... 208**

COMPARISON OF TWO TECHNOLOGIES APPLIED IN A MUNICIPAL WASTEWATER TREATMENT PLANT: PHYSICOCHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL PARAMETERS AND CYTOGENOTOXICITY EVALUATION

Thaís Dalzochio  
Fernando Hamerski  
Nicole Giovanna Gross  
Günther Gehlen

**DOI 10.22533/at.ed.44219210220**

**CAPÍTULO 21 ..... 216**

DANOS AO MEIO FÍSICO NA URBANIZAÇÃO DE SANTARÉM-PA: ESTUDO DE CASO NO BAIRRO SANTARENZINHO

Eduardo Francisco da Silva  
Arthur Iven Tavares Fonseca  
Anderson Conceição Mendes  
Fábio Góis da Mota

**DOI 10.22533/at.ed.44219210221**

**CAPÍTULO 22 ..... 225**

PREVISÃO E MITIGAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS ASSOCIADOS A ATIVIDADES DE CORTE E ATERRO

Christiane Ribeiro Müller  
Flávia Cauduro

**DOI 10.22533/at.ed.44219210222**

**CAPÍTULO 23 ..... 231**

ESTUDOS GEOTÉCNICOS COMO SUBSÍDIO PARA CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO E PROPOSIÇÃO DE TRILHAS INTERPRETATIVAS DO JARDIM BOTÂNICO DA UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO

Patrick Aloe Teixeira  
José Miguel Peters Garcia  
Isabela Martins Itabaiana

**DOI 10.22533/at.ed.44219210223**

**CAPÍTULO 24 ..... 242**

TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO UTILIZADAS NA IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS COM LAVOURAS, ANÁLISE PARA O MUNICÍPIO DE JAGUARI/RS

Bruno Zucuni Prina

Patrícia Ziani

Romario Trentin

**DOI 10.22533/at.ed.44219210224**

**CAPÍTULO 25 ..... 252**

ANÁLISE MULTITEMPORAL DO DESMATAMENTO POR NDVI DO MUNICÍPIO DE RONDON DO PARÁ NOS ANOS DE 2007 E 2017

Juliana Fonseca Cardoso

Isabela Loiane Carvalho Teixeira

José Cicero Pereira Júnior

Taissa Nery Ferreira

Denison Lima Correa

**DOI 10.22533/at.ed.44219210225**

**SOBRE OS ORGANIZADORES..... 259**

## CORRELAÇÕES DE RESISTÊNCIA PARA ALGUMAS ROCHAS METAMÓRFICAS DO ESTADO DE MINAS GERIAS, SUDESTE DO BRASIL

**Klinger Senra Rezende**

Universidade Federal de Viçosa  
Viçosa - MG

**Daniel Silva Jaques**

Universidade Federal de Viçosa  
Viçosa - MG

**Eduardo Antônio Gomes Marques**

Universidade Federal de Viçosa  
Viçosa - MG

**RESUMO:** Este artigo apresenta os resultados de uma série de ensaios de laboratório em rochas metamórficas da Província Pegmatítica de São João Del Rey, localizada ao Sul do estado de Minas Gerais, Sudeste do Brasil. O principal propósito deste artigo é apresentar os resultados de ensaios de resistência à compressão uniaxial (UCS) e carga pontual (PLT) e equações de correlação entre estes resultados para algumas das rochas em estudo. Além disso, comparações com equações de correlação propostas por outros pesquisadores são apresentadas. Esta pesquisa é parte de um estudo mais detalhado sobre o comportamento geomecânico das rochas desta Província Pegmatítica e estes resultados foram utilizados para enriquecer uma base de dados de propriedades de rochas metamórficas. Três litotipos: anfíbolito, xisto grafitoso e pegmatito

(grosso e fino) foram ensaiados, segundo a International Society for Rock Mechanics (ISRM) Suggested Methods (2007). As definições de alteração de ambos os tipos de rochas foram baseadas nas sugestões da ISRM. As amostras foram ensaiadas em graus de alteração W1, W2 e W2/W3. Os valores para um parâmetro que correlaciona  $s_c$  (resistência à compressão simples) e  $Is_{(50)}$  (Índice de Carga Pontual) foram encontrados apenas para amostras sãs (W1) de pegmatito e anfíbolito, e variam entre 13,4 e 19,4 e 29,7 e 36,2, respectivamente. Amostras de xisto grafitoso (xisto rico em grafita) foram ensaiadas em graus W2, e os valores para o parâmetro de correlação variaram de 13,8 a 14,9.

**PALAVRAS-CHAVE:** Correlações de resistência em rochas, rochas metamórficas, resistência à compressão.

**ABSTRACT:** This paper presents the results of a series of lab mechanical tests on metamorphic rocks from São João Del Rey Pegmatitic Province, located at South of Minas Gerais state, Southeast Brazil. The main purpose of the paper is to present results of uniaxial compressive strength (UCS) and point load (PLT) tests and correlation equations between these results for some of the rocks under study. Also, comparison with correlation equations proposed by other researchers, are performed.

This research is part of a more detailed study on geomechanical behavior of the rocks of this Pegmatitic Province and its results were used to enrich databank rock properties of metamorphic rocks. Three rock types: amphibolite, graphite-rich schist and pegmatite (coarse and fine-grained) were tested, through International Society for Rock Mechanics (ISRM) Suggested Methods (2007). Weathering definitions were based both on the suggestions of ISRM. Samples were tested on W1, W2 and W2/W3 weathering grades. Values for a parameter, which correlates UCS and PLI (Point Load Index), were found just for sound samples (W1) of pegmatite and amphibolite, and vary between 13.4 and 19.4 and 29.7 and 36.2, respectively. Graphite-rich schist rock samples tested were from W2 grades, and values for a parameter varied from 13.8 to 14.9.

**KEYWORDS:** Correlations of strength to rocks, metamorphic rocks, uniaxial compressive strength.

## 1 | INTRODUÇÃO

A Província Pegmatítica de São João Del Rei, situada na porção sul do Estado de Minas Gerais tem cerca de 70km de comprimento e 20km de largura. Vários importantes recursos minerais – ouro, manganês, estanho e tântalo têm sido extraídos dessa região. As reservas de cassiterita e tantalita foram rapidamente exauridas em virtude da intensa atividade mineira que lá ocorreu e por serem, em sua quase totalidade, representadas por depósitos primários e secundários de pequeno porte. Hoje são explotados somente os corpos pegmatíticos da área próxima ao Volta Grande, voltados principalmente para a produção de concentrados de tântalo (tantalita e microlita), estanho (cassiterita) e lítio (espodumênio) (PEREIRA et al, 2004). A lavra de tais minerais está, atualmente, sendo realizada em minas a céu aberto, mas há um estudo geológico e geomecânico em desenvolvimento para avaliar a possibilidade de mineração subterrânea, com excelentes resultados até agora. Este artigo apresenta alguns dos resultados desses estudos geomecânicos, especificamente os de testes de resistência à compressão, realizados em torno de camadas de rochas ricas em minerais estanho, tântalo e lítio.

O objetivo principal deste artigo é apresentar os resultados dos testes de resistência à compressão e equações de correlação entre  $s_c$  e PLT para os tipos de rocha mais comuns – xisto grafitoso, anfíbolito e pegmatito, existentes na Mina de Volta Grande localizada na cidade de Nazareno, Minas Gerais, Brasil. Vários testes de  $s_c$  e PLT foram realizados para os principais graus de alteração, encontrados em superfície e subsuperfície, e as correlações foram obtidas para amostras de rochas sãs. Todos os tipos de rochas testados durante a presente pesquisa não são comumente encontrados na literatura.

Segundo vários autores (Greminger, 1982; Broch, 1983; Foster, 1983 e Singh et al, 2011), há variações significativas de acordo com o tipo de rocha. A Tabela 1

apresenta várias equações que correlacionam  $Is_{(50)}$  (Índice de carga pontual) e  $s_c$  desenvolvidos por diversos autores (atualizados a partir Singh et al., 2012), o que mostra claramente a necessidade de correlações específicas para cada tipo de rocha.

Greninger (1982), Broch (1983) e Foster (1983), mencionam que a anisotropia de rochas foliadas deve também ser considerada, uma vez que a resistência medida paralela à foliação apresenta correlações pobres com os índices de carga pontual.

Autores	País	Litotipo	Equação de correlação
Broch & Franklin (1972)	África do Sul	Vários	$sc = 23,7 Is(50)$
Bieniawski (1975)	South Africa	Arenitos	$sc = 23,9 Is(50)$
Hassani et al. (1980)	Reino Unido	Rochas sedimentares	$sc = 29,0 Is(50)$
Read et al. (1980)	Austrália	Rochas sedimentares	$sc = 20,0 Is(50)$
ISRM (1985)	---	---	$sc = 20 - 25 Is(50)$
Hawkins & Oliver (1986)	Reino Unido	Calcário Arenito	$sc = 26,5 Is(50)$ $sc = 24,8 Is(50)$
O'Rourke (1988)	EUA	Rochas sedimentares	$sc = 30,0 Is(50)$
Vallejo et al. (1989)	Índia	Quartzito Folhelho	$sc = 17,4 Is(50)$ $sc = 12,6 Is(50)$
Goodman (1989)		Vários	$sc = 24,0 Is(50)$
Singh & Singh (1993)	Índia	Quartzito	$sc = 23,4 Is(50)$
Barroso (1993)	Brasil	Vários	$sc = 18 - 24 Is(50)$
Das (1985)	Canadá	Siltito Arenito Folhelho	$sc = 14,7 Is(50)$ $sc = 18,0 Is(50)$ $sc = 12,6 Is(50)$
Smith (1997)	Vários	Arenito/Calcário	$sc = 24,0 Is(50)$
Rusnak & Mark (1999)	EUA	Folhelho Siltito Arenito Calcário	$sc = 21,8 Is(50)$ $sc = 20,2 Is(50)$ $sc = 20,6 Is(50)$ $sc = 21,9 Is(50)$
Marques & Paes (2013)	Brasil	Gnaisse Micaxisto Xisto Grafitoso	$sc = 27,6 Is(50)$ $sc = 21,6 Is(50)$ $sc = 20,8 Is(50)$

**Tabela 1** - Correlações entre  $s_c$  e  $Is_{(50)}$  propostas por vários pesquisadores (modificado de Singh et al., 2012).

## 2 | MÉTODOS

Todos os ensaios foram realizados no Laboratório de Mecânicas das Rochas da Universidade Federal de Viçosa e utilizando-se das metodologias sugeridas pela International Society for Rock Mechanics (ISRM, 2007). Rochas de três litotipos (anfíbolito, pegmatito e xisto grafitoso) foram ensaiadas. Propriedades físicas (peso

específico seco e saturado, porosidade aparente e capacidade de absorção de água) foram ensaiadas utilizando a técnica de Buoyancy da ISRM (2007). A fim de se avaliar o efeito do grau de alteração sobre a resistência, ensaios de carga pontual foram realizados em amostras de diferentes alterações (W1, W2 e W2/3), de acordo com a ISRM, 2007). Ensaios de resistência à compressão uniaxial foram realizados em amostras de rochas sãs (W1), à exceção de amostras de xisto grafitoso, ensaiadas em grau de alteração W2. Além disso, o litotipo pegmatito foi também diferenciado em pegmatito fino e pegmatito grosso, de acordo com o tamanho de seus grãos. O conjunto de todas as amostras ensaiadas é apresentado na Figura 1.



**Figura 1** - Amostras utilizadas nos ensaios de resistência à carga pontual e compressão simples.

## 2.1 Teste de carga pontual

Os ensaios foram realizados utilizando-se o equipamento Franklin, como mostrado na Figura 2.



**Figura 2** - Aparelho para realização de ensaios PLT.

Estes mesmos testes foram concluídos tanto em amostras axiais quanto diametrais, e apenas eram validados os ensaios em que a ruptura ocorria, necessariamente, pelos

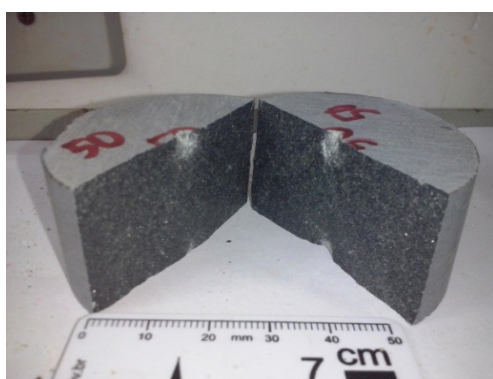
dois pontos de carregamento do equipamento, como mostrado na Figura 3, bem como ensaios invalidados.



(a) – Ensaio diametral válido.



(b) – Ensaio diametral inválido.



(c) – Ensaio axial válido.



(d) – Ensaio axial inválido.

**Figura 3** – Exemplos de resultados de ensaios axiais e diametraes válidos e inválidos.

O índice de carga pontual é definido para o ensaio realizado sobre corpos-de-prova cilíndricos de rocha com diâmetro  $D$  igual a 50 mm, em que a aplicação da carga  $P$  é feita na direção diametral, sendo calculado pela Equação 1:

$$I_{s(50)} = F \frac{P}{D^2} \quad (1)$$

Em que:

$P$  é a carga de ruptura

$D$  é a distância entre ponteiros cônica

$F$  é um fator de correção do tamanho da amostra.

O valor de  $F$  pode ser calculado através da Equação 2. O valor médio do índice de carga pontual,  $I_{s(50)}$ , é calculado de um total de 10 amostras de rochas, excluindo-se os dois menores e os dois maiores valores obtidos da série.

$$F = \left(\frac{D}{50}\right)^{0,45} \quad (2)$$

## 2.2 Ensaio de resistência à compressão uniaxial

A resistência à compressão uniaxial é uma das propriedades fundamentais das rochas e, este ensaio é, ainda, o método mais usual para a determinação das propriedades mecânicas de uma rocha (Jaeger & Cook, 1979). Ensaio de compressão uniaxial são normalmente realizados em amostras cilíndricas de rochas, onde a carga é aplicada paralela ao eixo da amostra.

Segundo Azevedo & Marques (2006), apesar de ser um ensaio simples, a preparação de amostras cilíndricas podem ser cara e difícil, especialmente para rochas já alteradas. Todas as amostras foram testadas de acordo com a metodologia ISRM (2007), com a altura em relação ao diâmetro (H/D) entre 2,5 e 3,0. A resistência à compressão uniaxial,  $s_c$ , correspondente à carga de ruptura, é simplesmente calculada como na Equação 3.

$$\sigma_c = \frac{P}{A} \quad (3)$$

Em que:

$\sigma_c$  - resistência à compressão simples (uniaxial);

P - carga de ruptura;

A - área inicial da amostra, transversal à direção do carregamento P.

Os ensaios foram realizados na máquina universal de ensaios (Figura 4). As amostras eram cuidadosamente centralizadas entre os pratos de carregamento, para se evitar concentrações não uniformes de cargas.



Figura 4 - Máquina universal de ensaios.



## 3 | RESULTADOS

### 3.1 Propriedades (índices) físicas

As propriedades físicas foram definidas para todos os litotipos e os resultados são apresentados na Tabela 2.

Litotipo	Grau de Alteração	Massa específica (kg/m <sup>3</sup> )		Porosidade (%)	Capacidade de absorção de água (%)
		Seca	Saturada		
Anfibolito	W1	3060,9	3061,8	0,09	0,03
Anfibolito	W2/W3	2874,1	2908,2	3,41	1,19
Pegmatito (fino)	W1	2527,8	2556,7	2,89	1,14
Pegmatite (grosso)	W1	2586,4	2595,2	0,87	0,34
Xisto Grafítico	W2	2853,5	2879,6	2,61	0,91

Tabela 2 - Resultado das propriedades físicas das rochas em estudo

### 3.2 Ensaios de carga pontual (PLT)

A Tabela 3 apresenta os resultados dos ensaios de carga pontual dos litotipos, de acordo com seus respectivos graus de alteração. Os maiores valores de  $I_s_{(50)}$  foram encontrados para os litotipos de grau de alteração W1, quando comparados aos litotipos W2 e W2/W3.

Litotipo	Grau de alteração	Tipo de teste	$I_s_{(50)}$ (MPa)	Número de amostras ensaiadas	Desvio Padrão (MPa)
Anfibolito	W1	Axial	8,57	6	0,52
		Diametral	10,45	7	0,38
Anfibolito	W2/W3	Axial	1,74	7	0,51
Pegmatito (fino)	W1	Axial	10,77	7	0,63
Pegmatito (grosso e fraturado)	W1	Diametral	4,66	6	2,00
Xisto grafítico	W2	Diametral	1,38	6	0,44
		Axial	2,88	6	1,79

Tabela 3 - Resultados dos ensaios PLT

### 3.3 Resistência à compressão uniaxial (UCS)

A Tabela 4 apresenta os resultados de UCS para cada litotipo e graus de alteração. Todos os testes foram realizados em rochas sãs e levemente alteradas (W1 ou W2). Infelizmente, não houveram amostras o suficiente para se ensaiar as rochas de graus de alteração W2/W3 e W3 no ensaio de compressão uniaxial.

Litotipo	Grau de alteração	$s_c$ média (MPa)	Número de amostras ensaiadas	Desvio Padrão (MPa)
Anfibolito	W1	310,49	4	18.95
Pegmatito(fino)	W1	143,98	4	32.43
Pegmatito (grosso e fraturado)	W1	90,46	3	25.94
Xisto grafitoso	W2	39,65	3	5.45

**Tabela 4** - Resultados dos ensaios de resistência à compressão uniaxial

### 3.4 Equações de correlação entre $Is_{(50)}$ e $\sigma_c$

Na Tabela 5, são apresentadas equações de correlação encontradas para as rochas em estudo. Comparações foram feitas entre  $Is_{(50)}$  e  $s_c$  para testes pontuais diametrais e axiais. Contudo, como as amostras foram preparadas a partir de testemunhos de sondagem, os resultados de PLT axiais apresentam-se mais confiáveis ao serem comparados com os resultados de compressão uniaxial, uma vez que ambos foram ensaiados segundo um mesmo plano de carregamento, a fim de se obter um parâmetro  $a$  (Equação 4).

$$\sigma_c = a \times Is_{(50)} \quad (4)$$

Litotipo	Tipo de ensaio PLT	$Is_{(50)}$ (MPa)	$s_c$ (MPa)	Grau de Alteração	Parâmetro $a$
Anfibolito	Axial	8,57	310,49	W1	36,23
	Diametral	10,45	310,49	W1	29,71
Pegmatito (fino)	Axial	10,77	143,98	W1	13,37
Pegmatito (grosso)	Diametral	4,66	90,46	W1	19,41
Xisto grafitoso	Axial	2,67	39,65	W2	14,85
	Diametral	2,88	39,65	W2	13,77

**Tabela 5** - Resultados de equações de correlação entre ensaios PLT e UCS para as rochas em estudo

## 4 | DISCUSSÕES

Os resultados mostram que o grau de alteração afeta significativamente a resistência à carga pontual do anfibolito, resultando em uma redução de quase 80% da resistência inicial.

Além disso, apesar da ausência de foliações no anfibolito e nos pegmatitos,

uma clara diferença entre resultados axiais e diametrais pode se observada. Nos pegmatitos, essa diferença deve-se ao fraturamento, uma vez que testes diametrais foram realizados com carga paralela à superfície média desta estrutura. O anfibolito, massivo à escala macroscópica, apresenta uma diferença entre os testes axial e diametral de cerca de 20%. A princípio, este resultado não pode estar relacionado a qualquer aspecto textural ou à presença de qualquer descontinuidade macroscópica. Portanto, uma investigação adicional microscópica deveria ser realizada para avaliar a presença de qualquer estrutura que poderia ter influenciado esse comportamento.

A observação da Tabela 5 e sua comparação com os resultados apresentados na Tabela 1, mostram que, as rochas ensaiadas no presente estudo, não são comumente encontradas na literatura. Marques e Paes (2013) estudaram alguns xistos de uma outra área no Sudeste do Brasil, mas eles têm testado apenas amostras de rochas massivas, ao contrário das amostras ensaiadas nesta pesquisa. Esse resultado reforça a necessidade de determinação de equações de correlação específicas para cada tipo de rocha e, que deve ser tomado cuidado ao extrapolar correlações de um tipo de rocha para outra, mesmo a partir de uma mesma região.

## 5 | CONCLUSÕES

As principais conclusões deste estudo são:

1. Como a maioria das rochas ensaiadas em diversos trabalhos encontrados na literatura sobre este tema são sedimentares, há uma necessidade de equações de correlação específicas para diferentes tipos de rochas;
2. A presença de estruturas ou fraturamento presentes nas rochas e sua relação com a direção de carregamento devem ser consideradas, de forma a permitir uma melhor avaliação dos resultados dos ensaios;
3. Os litotipos anfibolito e pegmatitos apresentaram equações de correlação entre UCS e PLT bastante diferentes daqueles encontrados na literatura, ao se comparar ensaios axiais de PLT e ensaios UCS;
4. O parâmetro  $a$  também parece ser afetado pelo grau de alteração, como observado nos ensaios com xisto grafitoso W2, apresentando resultados diferentes daqueles encontrados por Marques e Paes (2013) para rochas similares com grau de alteração W1.

## REFERÊNCIAS

AZEVEDO, I.C.D.; MARQUES, E.A.G. (2006). **Introdução à Mecânica das Rochas**. Ed. UFV, Viçosa, 361 p.

BROCH, E. (1983). *Estimation of strength anisotropy using the point load test*. Int. J. Rock Mech.

Min. Sci.& Geomech. Abst.,20:181-187.

FOSTER, I. R. (1983). ***The influence of core sample geometry pm the axial point load test.*** Int. J. Rock Mech. Min. Sci & Geomech. Abst., 20:289-295.

GREMINGER, M. (1982). ***Experimental studies of the influence anisotropy on size and shape effects in point load testing.*** Int. J. Rock Mech. Min. Sci & Geomech, Abst., 19:241-246.

INTERNATIONAL SOCIETYFOR ROCK MECHANICS – ISRM (2007). ***The complete ISRM suggested methods for characterization, testing and monitoring: 1974-2006.*** In: Ulusay, R. & Hudson, J.A. (eds.), suggested methods prepared by the Commission on Testing Methods, ISRM. Ankara, Turkey. 628 p.

JAEGER, J. C; COOK, N. W (1979). ***Fundamentals of Rock Mechanics.***3ª Ed. London, 593 p.

MARQUES, A. A.; PAES, B. S. T. (2013). ***Correlações entre resistência à compressão uniaxial e resistência à carga pontual para algumas rochas metamórficas de alto grau.*** Trabalho de Conclusão de Curso. Departamento de Engenharia Civil/UFV, Viçosa, Brasil. 89p.

PEREIRA, R. M.; ÁVILA, C. A.; NEUMANN, R (2004). ***Estudo mineralógico e químico da cassiterita e de suas inclusões sólidas: implicação com a paragênese das mineralizações da Província Pegmatítica de São João Del Rei, Minas Gerais, Brasil.*** Museu Nacional/UFRJ, Rio de Janeiro, 2004, 16p.

SINGH, T. N.; KAINTHOLA, A. and VENKATESH, A (2012). ***Correlation between point load index and uniaxial compressive strength for different rock types.*** Rock Mech. Rock Eng., 45:259-264.

## **SOBRE OS ORGANIZADORES**

### **Felipe Santana Machado**

Felipe é professor de biologia, especialista em morfofisiologia animal e gestão ambiental, mestre em Ecologia Aplicada e doutor em Engenharia Florestal. Atualmente é professor efetivo de educação básica e tecnológica do Estado de Minas Gerais e apresenta vínculo funcional com o Programa de Pós Graduação em Engenharia Florestal (PPGEF) da Universidade Federal de Lavras (UFLA). Além de lecionar, atua em estudos de conservação e manejo de animais silvestres, principalmente sobre a relação da vegetação com vertebrados terrestres. Sua experiência profissional gerou uma ampla gama de publicações técnicas e científicas que incluem artigos científicos em revistas nacionais e internacionais, bem como relatórios técnicos de avaliação de impactos ambientais. Participa do grupo de pesquisa CNPq “Diversidade, Sistemática e Biogeografia de Morcegos Neotropicais” como colaborador.

### **Aloysio Souza de Moura**

Aloysio é Biólogo, mestre em Ecologia Florestal, pelo Departamento de Ciências Florestais (DCF) da Universidade Federal de Lavras (UFLA) com ênfase em Avifauna de fitofisionomias montanas. É observador e estudioso de aves desde 1990, e atualmente doutorando em Ecologia Florestal, pelo Departamento de Ciências Florestais (DCF) da Universidade Federal de Lavras (UFLA) tendo como foco aves e vegetações de altitude. Atua em levantamentos qualitativos e quantitativos de avifauna, diagnóstico de meio-biótico para elaborações de EIA-RIMA. Tem experiência nas áreas de Ecologia e Zoologia com ênfase em inventário de fauna, atuando principalmente nos seguintes temas: Avifauna, Cerrado, fragmentação florestal, diagnóstico ambiental, diversidade de fragmentos florestais urbanos e interação aves/plantas.

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-144-2

