



INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E ENGENHARIA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO SUL E SUDESTE DO PARÁ  
FACULDADE DE ENGENHARIA DE MINAS E MEIO AMBIENTE

EVERALDO LIRA DA CUNHA

**DESMONTE DE ROCHAS EM ÁREA URBANA COM O USO DE EXPLOSIVOS:  
TÉCNICAS PARA MINIMIZAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS GERADOS PELAS  
DETONAÇÕES – ESTUDO DE CASO -PARAUPEBAS-PA**

MARABA-PA

2014

EVERALDO LIRA DA CUNHA

**DESMONTE DE ROCHAS EM ÁREA URBANA COM O USO DE EXPLOSIVOS:  
TÉCNICAS PARA MINIMIZAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS GERADOS PELAS  
DETONAÇÕES – ESTUDO DE CASO -PARAUAPEBAS-PA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Faculdade de Engenharia de Minas e Meio Ambiente (FEMMA) da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (UNIFESSPA) como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Minas.

Orientador: Prof. Me. Evaldiney Monteiro

MARABÁ-PA

2014

---

**Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)**

---

C972d Cunha, Everaldo Lira da.

**Desmonte de rochas em área urbana com o uso de explosivos:** técnicas para minimização dos impactos ambientais gerados pelas detonações – Estudo de caso-Parauapebas-PA / Everaldo Lira da Cunha; orientador Prof. Me. Evaldiney Monteiro. – 2014.

63 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) Universidade Federal do Pará, Instituto Geociências e Engenharias (IGE), Faculdade de Engenharia de Minas e Meio Ambiente (FEMMA), Marabá, 2014.

1. Explosivos – Parauapebas (PA). 2. Rochas-Desmonte. 3. Engenharia de Minas. I. Monteiro, Evaldiney, *orient.* II. Título.

CDD: 23. ed. 622.18115

---

EVERALDO LIRA DA CUNHA

**DESMONTE DE ROCHAS EM ÁREA URBANA COM O USO DE EXPLOSIVOS:  
TÉCNICAS PARA MINIMIZAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS GERADOS PELAS  
DETONAÇÕES – ESTUDO DE CASO - PARAUAPEBÁS-PÁ**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Faculdade de Engenharia de Minas e Meio Ambiente (FEMMA) da Universidade Federal do Pará (UFPA) como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Minas e Meio Ambiente.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Evaldiney Ribeiro Monteiro  
Mestre em Simulação e controle de processos – FEMMA/UFPA  
Orientador

---

Prof. Dennin Tomas Quispe Arapa  
Mestre em Geologia Econômica – FEMMA/UFPA  
Examinador

---

Prof. Reginaldo Sabóia de Paiva  
Doutor em Extração Metalúrgica. – FEMMA/UFPA  
Examinador

Aprovado em: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Conceito: \_\_\_\_\_

Dedico este trabalho à Deus por tudo que me proporciona na vida, por sua bondade e misericórdia. Às pessoas que lutam diariamente ao meu lado, transmitindo fé, amor, alegria, determinação, paciência e coragem, tornando os meus dias mais felizes e bonitos. Aos meus pais biológicos, Claudomiro Trindade da Cunha e Eremita lira da Cunha, aos meus pais de criação Raimundo Trindade da Cunha e Maria Nascimento da Cunha, aos meus irmãos José Neto, Cleide, Ivo, Clodoaldo, Lucilene (Lolo), Lene e Daniel. Todos vocês são merecedores desta dedicatória, Mas para você Claudio Cunha e Alice Cunha reservei um lugar diferente e destacado sem vocês nada disso seria possível.

## AGRADECIMENTOS

Como eu poderia, em dias de vitórias e alegrias, deixar de olhar para os seus e te louvar DEUS. Agradeço-te Papai do Céu pela dádiva da vida, pelas conquistas e principalmente pela sabedoria que me concedeste. Tenho a plena convicção de que pela força dos meus braços nada disso seria possível.

À minha família, que com amor incondicional me ensinaram a não desistir dos meus sonhos, a acreditar que tudo é possível.

A meu irmão Claudio Cunha e sua esposa Alice Cunha que sempre me incentivaram, acreditaram em meus sonhos e apoiaram. Vocês foram muito mais que irmãos, pais, família, foram verdadeiros instrumentos de Deus na minha vida. Obrigado por me aproximarem mais de Deus. Posso dizer que “Se eu vi mais longe, foi por estar de pé sobre ombros de gigantes” (ISSAC NEWTON). Quantas vezes sai em prantos de Belém, aquelas lágrimas resumiam o amor e a falta que essa família me faz.

A minha irmã Cleide Cunha que me levava e participava das reuniões da escolinha ursinhos carinhosos (kkkkkkkkk). Com você dei os meus primeiros passos educacionais, você me ensinou os segredos das letras e os significados das palavras. Sonhaste comigo, brigaste por mim, me incentivastes, fez o papel de mãe, irmã e amiga. Por isso, neste dia, quero lhe agradecer por tudo minha irmã, com **exceção** das chineladas...kkkkkkk. Te amo nega e essa vitória é nossa!

Ao meu pai Claudomiro Trindade da Cunha que já se encontra com o pai celestial. Obrigado pai por ter me mostrado a importância da honestidade, da justiça, do trabalho e do amor paterno. Você foi um vencedor e combateu o bom combate...Saudades.

Aos meus pais de criação Raimundo Trindade da Cunha e Maria Nascimento da Cunha fica aqui o reconhecimento de que sem vocês nada disso seria possível. Obrigado pelos castigos, pelo amor, pela dedicação, pelos valores...enfim.

Tiodórico és um homem de coração de ouro, generoso e um exemplo de profissional que guardarei para sempre. Você dona Maria é um exemplo de pessoa, de mãe, protetora, amorosa, trabalhadora, paciente. Amo vocês!

Ao meu irmão José Neto que sempre tem palavras de animo, alegria e superação. Você é um exemplo de quanto uma pessoa pode ser feliz por fazer o que ama. Obrigado meu irmão pelo amigo que és, pelo seu amor, dedicação e pela certeza que me passas que sempre estarás do meu lado.

Ao meu sobrinho, primo e irmão Claudio Ivo. Obrigado Ivo por todos esses anos de amizade e companheirismo a você compartilho um versículo: “Melhor é serem dois do que um, porque têm melhor paga do seu trabalho. Porque se um cair, o outro levanta o seu companheiro; mas aí do que estiver só; pois, caindo, não haverá outro que o levante” (Eclesiastes 4,9-10).

A minha namorada Maisa Gaia (Maisinha) pelo incentivo, carinho, dedicação. Já são quatro anos de relacionamento em que superamos a distância e as diferenças. Amamo-nos, brigamos, crescemos e hoje, podemos dizer que “a distância nos aproximou”. Te amo minha linda.

Aos meus amigos sapateiros Herberth Herley (Mala), Jorge Freitas, Gutto, Calado e Saul. Sei que vocês sempre estão torcendo pelo meu sucesso. Em especial a você mala, uma pessoa sempre disposta a fazer o bem, obrigado por esses anos de amizade e que Deus nos conceda muito mais.

Aos amigos que Deus colocou em meu caminho para incentivar, ajudar, compartilhar e tornar a caminhada mais divertida. O meu muito Obrigado ao Luis Otávio, Deusa, Dona Auri e Paulo Brasil, ao Eterno tio Cândido, a tia Yolete e Familiares, Irenilce, aos meus queridos “fordockianos” Ortência, Cássio Gogó, W. Formiga Bolt e a dona Formiguete (Carol), Higor (Cavalo do vingador), Maranhão, Juarez, Mario (Bobinho) e a dona Bobex (Jhenfer), Iara, Taci Dias Cocellê, e todos os demais.

A minha equipe de trabalhos acadêmicos Clayver Carneiro, Daniel Borges, Sylvester Stallone. Trabalhar com vocês durante esses cinco anos foi bom de maaaaais...Muito trabalho e muitas risadas...Quem sabe a gente não se encontra em outros trabalhos....rsrsrsrsrsrsrs .

Aos (As) companheiros (as) de turma: Viviane, Jéssika, Élyda (Valeu meninas); minhas amigas Cilinha e Suellen; meus parceiros Pedro Cunha, Lucas, Wendel, Thiago, Hermeson, Rinos (é muita história muleque!); meus singelos agradecimentos a todos vocês meus amigos.

A toda turma de Engenharia de Minas e Meio Ambiente - UFPA/2009-2 por 5 anos de discussões, trocas de experiência que serão guardadas para sempre, em Especial, ao meu orientador Prof. Ms Evaldiney Monteiro, ao professor, Reginaldo Sabóia, a Secretária Eumar Coelho e a todos os Professores que compõem a faculdade de Engenharia de Minas e Meio Ambiente. Um MUITO OBRIGADO a todos vocês!

*“Bom mesmo é ir a luta com determinação, abraçar a vida com paixão, perder com classe e vencer com ousadia, porque o mundo pertence a quem se atreve e a vida é “muito” para ser insignificante”.*

*Charles Chaplin*



## RESUMO

A exploração de maciços rochosos usando explosivos geram inevitáveis impactos ambientais os quais se agravam quando estes eventos se aproximam dos centros urbanos. O trabalho a seguir busca melhorar a fragmentação do maciço e minimizar os impactos ambientais, através da aquisição de ferramentas e equipamentos de baixo custo, controle, variação e comparação dos valores obtidos analiticamente das variáveis geométricas dos planos de fogo teóricos e práticos. A metodologia desse trabalho foi realizada na cidade de Parauapebas-Pá na Avenida J próximo a estrada de acesso a ferrovia. O principal objetivo desse desmonte era fragmentar um derrame basáltico o qual conformava um morro de 24 metros de altura para posterior construção de um galpão onde funcionará uma rede de supermercado. Através da metodologia descrita neste trabalho foi possível minimizar os impactos ambientais, reduzir as cargas de explosivos, números de furos e acessórios viabilizando o empreendimento tanto financeiramente quanto ambientalmente.

**Palavras – Chave:** Desmonte, Fragmentação, impactos ambientais.

## ABSTRACT

The dismantling of rock by explosives will be applied to the process of fragmentation and handling where such geological structure have a resistance to impede the dismantling of this by means of excavation equipment. When this operation is approaching the major urban centers such as environmental impacts: ultralaçamentos fragments, generation of vibration in the ground, particulate emissions in the atmosphere, increasing levels of noise and air suppression. Knowing this, we propose a work based on results of field practices and theoretical research on the topic dismantling of rocks by explosive in urban areas especially emphasizing environmental issues and setting fire to the massive plan, so that these projects can operate without major conflicts with the communities around its . The practices of this work were performed at the company Explosives Ltd. located in Bang-Pa Paraupebas where the case study took place. As this is a new development within an urban center control of particle size and minimizing the environmental impacts can define the success or failure of the venture. Focusing on these issues work then try to break the rock mass within an acceptable range of particle size and minimize these environmental impacts by making use of analytical techniques and inexpensive tools for the enterprise.

Keywords: Environmental impacts. Blasting. Fragmentation. Ultralaçamentos.

## **LISTA DE ILUSTRAÇÕES**

Mapa 1 - Mapa geológico da região de Parauapebas e Carajás.....	20
Figura 1- Principais informações quantitativas das descontinuidades .....	22
Figura 2 – Perfuratriz percussiva manual .....	23
Figura 3 – Perfuratriz rotativa .....	24
Figura 4 – Perfuratriz percussivo-rotativa .....	25
Figura 5 – Perfuratriz furo-abaixo .....	25
Figura 6 – Emulsão encartuchada VALEX .....	26
Figura 7 – Bancada para desmonte de rocha com os parâmetros do plano de fogo.....	31
Quadro 1 - Diâmetro de perfuração dos equipamentos .....	31
Figura 8 - Diferentes tipos de malhas de perfuração .....	32
Figura 9 – Manta para desmonte com explosivos .....	42
Figura 10 - Rompedor hidráulico .....	43
Mapa 2 - Localização da área de estudo.....	44
Figura 11 – Descrição topográfica da área e desenho esquemático do método de lavra bancada em encosta. ....	45
Figura 12 - Dimensão das bancadas em metro .....	46
Figura 13 - Marcação do plano de fogo teórico em metro .....	47
Figura 14 – Conjunto perfuratriz PW-5000 pneumático e compressor XAS 420.....	48
Figura 15- Rompedor hidráulico .....	48
Figura 16 - Etapas de Escorva (A), carregamento (B) e tamponamento dos explosivos (C e D) .....	49
Figura 17 - Sequência de detonação com retardo por linhas.....	50
Figura 18 - Sequência de detonação com retardo furo a furo.....	50
Figura 19 - Principais famílias de fraturas e veios pegmatíticos Quartzo-feslspato .....	53
Figura 20 - Plano de fogo teórico .....	55
Figura 21 - Marcação dos furos em campo .....	56
Figura 22 - Execução do plano de fogo em campo .....	56
Gráfico 1 - Velocidade máxima da partícula em função da distância da carga detonada	58
Gráfico 2 - Pressão acústica gerada pela detonação de um furo em função da distância.....	59

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Comentários a respeito da relação $H_B$ e Afastamento (A) .....	33
Tabela 2 - Impactos ambientais gerados pela terraplanagem e desmonte de rochas por explosivos.....	37
Tabela 3 -Velocidade das partículas X Danos Causados .....	40
Tabela 4 - Pressão acústica e sua influência nas estruturas.....	41
Tabela 5 - Direção e mergulho das principais faturas encontradas em campo.....	52
Tabela 6 - Resultados do calculo teórico do plano de fogo e valores reais de campo .....	55

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

A	Afastamento
ABGE	Associação Brasileira de Geologia de Engenharia
ABNT	Associação Brasileira de Normas técnicas
$C_C$	Altura da carga da coluna
$C_F$	Altura da carga de fundo
$D_F$	Diâmetro do furo
DNPM	Departamento Nacional de Produção Mineral
E	Espaçamento
GPS	Global Positioning System
IBRAM	Instituto Brasileiro de Mineração
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
$P_A$	Pressão Acústica da Detonação
$P_P$	Profundidade do furo
$R_C$	Razão de carga
S	Malha de perfuração
$S_F$	Sobrefuração
$V_T$	Volume total
$V_F$	Volume por furo detonado
$V_P$	Velocidade máxima da partícula

## SUMÁRIO

<b>1INTRODUÇÃO .....</b>	<b>16</b>
1.1 OBJETIVO GERAL.....	16
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	17
1.3 MOTIVAÇÃO.....	17
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>18</b>
2.1 O DESMONTE DE ROCHA NO CENÁRIO BRASILEIRO .....	18
2.2 GEOLOGIA DO SUDESTE DO PARÁ – PARAUAPEBAS.....	18
2.3 PRINCIPAIS PROPRIEDADES GEOMECÂNICAS QUE INFLUENCIAM NO DESMONTE DE ROCHAS .....	20
2.4 MÉTODO DE LAVRA .....	22
<b>2.4.1 Método de lavra bancada em encosta.....</b>	<b>22</b>
2.5 PERFURAÇÃO DE ROCHA .....	23
<b>2.5.1 Tipos de Perfuratrizes .....</b>	<b>23</b>
2.6 EXPLOSIVOS.....	26
<b>2.6.1 Tipos de Explosivos .....</b>	<b>26</b>
2.7 DESMONTES DE ROCHAS EM BANCADAS.....	28
2.8. PLANO DE FOGO.....	30
<b>2.8.1 Escolha do Plano de Fogo .....</b>	<b>30</b>
<b>2.8.2 Parâmetros do Plano de Fogo.....</b>	<b>30</b>
2.8.2.1 Diâmetro de perfuração ( $D_F$ ) .....	31
2.8.2.2 Malha de Perfuração ( $S$ ).....	32
2.8.2.3 Afastamento ( $A$ ) .....	33
2.8.2.4 Espaçamento ( $E$ ).....	33
2.8.2.5 Sobrefuração ( $S_F$ ) .....	34
2.8.2.6 Profundidade de Perfuração ( $P_P$ ) .....	34
2.8.2.7 Altura da Carga de Fundo ( $C_F$ ).....	34
2.8.2.8 Altura da Carga de Coluna ( $C_c$ ) .....	35
2.8.2.9 Tampão ( $T$ ).....	35
2.8.2.10 Volumes de Escavação e volume desmontado por furo ( $V_F$ e $V_T$ ) .....	35
2.8.2.11 Razão de Carga ( $RC$ ).....	35
2.9 CONSUMOS DE EXPLOSIVO .....	36
2.10 PROBLEMAS AMBIENTAIS GERADOS PELA TERRAPLANAGEM E O USO DE EXPLOSIVOS NO DESMONTE.....	36
<b>2.10.1 Controle de vibrações da detonação .....</b>	<b>39</b>

<b>2.10.2 Impacto de Ar</b> .....	40
<b>2.10.3 Manta para desmonte</b> .....	41
<b>2.10.4 Rompedor hidráulico</b> .....	42
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	44
3.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	44
3.2 MÉTODO DE LAVRA ADOTADO .....	45
3.3 DESCRIÇÃO TOPOGRÁFICA DA ÁREA.....	45
3.4 DIMENSIONAMENTO DO PLANO DE FOGO .....	45
3.5 GEOMETRIA DO PLANO DE FOGO .....	46
3.6 EXECUÇÕES DOS FUROS.....	47
3.7 ESCORVA, CARREGAMENTO COM EXPLOSIVOS, TAMPONAMENTO DOS FUROS E SEQUÊNCIA DE DETONAÇÃO .....	49
3.8 CARREGAMENTO E TRANSPORTE.....	50
3.9 TÉCNICAS ADOTADAS NO CONTROLE DO DESMONTE, SEGURANÇA E MINIMIZAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS .....	51
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	52
4.1 MÉTODO DE LAVRA .....	52
<b>4.1.1 Configuração do maciço e análise geotécnica</b> .....	52
<b>4.1.2 Fatores Ambientais e de Segurança</b> .....	53
<b>4.1.3 Mão de obra e Economicidade</b> .....	54
4.2 DESMONTE DO MACIÇO ROCHOSO .....	55
<b>4.2.1 Dimensionamento do plano de fogo</b> .....	55
<b>4.2.2 Marcação, execução dos furos e sequência de detonação</b> .....	56
<b>4.2.3 Execução do plano de fogo</b> .....	57
4.3 AS TÉCNICAS EMPREGADAS NA MINIMIZAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS .....	58
<b>4.3.1 Controle analítico da velocidade máxima da partícula (<math>V_p</math>)</b> .....	58
<b>4.3.2 Controle analítico da Pressão acústica da detonação (<math>P_A</math>)</b> .....	59
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	61
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	62