

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Departamento de Engenharia de Minas

Trabalho de Formatura

**Otimização do Desmonte de Rocha da Pedreiras Cantareira,
Unidade Mairiporã**

Rosangela Lima da Silva

Orientador : Prof. Dr. Lineu Azuaga Ayres da Silva

Dezembro de 1995.

EPMI

TF 1995

Si380

Syano 1584246

M 1995d

DEDALUS - Acervo - EP-EPMI



31700006001

Agradecimentos

Agradecer a todos que colaboraram direta ou indiretamente é impossível, fica aqui meu obrigado a todos os que fazem parte do histórico deste trabalho.

Agradeço em especial à Pedreiras Cantareira, ao orientador Prof. Lineu Azuaga Ayres da Silva, ao chefe de lavra da Pedreiras Cantareira - Unidade Mairiporã, Possidônio de Campos Antunes e ao Gerente de Unidade de Mairiporã, chefe e amigo Mitsuo Nakamura.

Índice

1. Introdução
2. Caracterização da rocha
 - 2.1. Localização
 - 2.2. Geologia Regional
 - 2.3. Características Petrológicas, Propriedades físicas e químicas
 - 2.3.1. Petrologia
 - 2.3.2. Propriedades Físicas
 - 2.3.3. Análises Químicas
3. Desmante de rocha
 - 3.1. Definições
 - 3.2. Mecanismo de fragmentação
 - 3.3. Tipos de Explosivos
 - 3.3.1. Aplicação
 - 3.3.2. Expansão gasosa
 - 3.3.3. Composição química básica dos explosivos
 - 3.3.4. Produtos da reação química
4. Métodos de desmante
 - 4.1. Descrição do método
 - 4.1.1. Fase 1
 - 4.1.2. Fase 2
 - 4.1.3. Fase 3
 - 4.2. Resultados obtidos
5. Comparação entre os métodos
6. Conclusão
7. Anexos
8. Bibliografia

1. Introdução

Atualmente, o desenvolvimento da tecnologia e dos recursos de informática, tem possibilitado a evolução de várias áreas a serviço do Homem. A mineração é apenas mais uma delas.

O produto que sai do nosso subsolo, os minerais de uso direto na construção civil, são tão importantes quanto qualquer outro bem mineral. A diferença básica entre eles é determinada pelo mercado, consequência direta da raridade de cada um ou do valor agregado em sua produção. O suprimento contínuo dos agregados é essencial para garantir o desenvolvimento urbano.

A competitividade entre as empresas impulsiona a busca por menores custos, otimização das operações e melhores níveis de segurança para funcionários e comunidade. A consciência de administradores e a atuação da comunidade exige das empresas medidas mitigadoras de impacto ambiental. Assim, a tecnologia tem como função proporcionar os recursos para que estes aspectos sejam cumpridos.

Com base nisto, a Pedreiras Cantareira, em conjunto com a EXPLO, iniciou um trabalho avançado de planejamento de desmonte, cuidando para que cada detalhe pudesse ser controlado da melhor maneira possível, reduzindo custos, aumentando a segurança e respeitando o meio ambiente e a comunidade.

A Pedreiras Cantareira produz agregados para construção civil e sua produção é da ordem de 60.000 m³/mês, na Unidade de Mairiporã. O presente trabalho foi elaborado a partir do estudo do desmonte desta Unidade ao longo de aproximadamente três anos de operação.

Esta Unidade está muito próxima à comunidade de Mairiporã (vide item 2.1. Localização), deste modo, toda operação de desmonte deve ser cuidadosamente planejada para não oferecer danos à população. Esta localização possui a vantagem da proximidade à Grande São Paulo, que é um grande centro consumidor de agregado.

2. Caracterização da rocha

2.1. Localização

A Pedreiras Cantareira está localizada no município de Mairiporã, a norte da cidade de São Paulo, entre os municípios de Mairiporã e Franco da Rocha, km 67 da Rodovia Fernão Dias (ver mapa 1).

Em virtude de sua localização, a Pedreira atende aos municípios da Grande São Paulo e região de Atibaia e cidades vizinhas. Sua produção é consumida por vários segmentos da construção civil como concreteiras, fábricas de blocos, construtoras, prefeituras e distribuidores de material de construção.

O maciço possui cerca de 37 km² de aflorantes, comprimento total de 14,6 km com largura máxima de 3,5 km, sob concessão de quatro pedreiras, entre elas a Cantareira.

2.2. Geologia Regional

No Estado de São Paulo foram identificados muitos domínios tectônicos e estratigrafia que se estende desde o Arqueano ao Holoceno. (figura 1 : Coluna Estratigráfica Simplificada). A maior parte do embasamento da plataforma é constituída por rochas graníticas e granitóides diversas. Estas possuem tipologias e características tectônicas variadas e encontram-se associadas aos diferentes compartimentos do Pré-Cambriano de São Paulo.

Os dados petrográficos, estruturais, químicos e geocronológicos, entre outros, permitem o desmembramento em duas suítes de caráter sintectônico e postectônico, em que se conhecem tipos faciológicos distintos.

Dentro deste contexto geológico, temos a unidade objeto deste estudo, a facies Cantareira, que faz parte das Suítes Graníticas Sintectônicas (mapa 2: Esquema Geológico Regional) e constituem a maior parte do magmatismo granitóide do embasamento paulista.

A facies Cantareira é a de maior representatividade no Pré Cambriano paulista, tanto quanto ao número de corpos como quanto à expressão em área. Espalha-se por todos os blocos tectônicos formando grandes batólitos e stocks, destacando-se os maciços Três Córregos, Agudos Grandes e Natividade. São afetados pelas grandes falhas transcorrentes, aparecendo em núcleos de geanticlineos e anticlinórios gerados na segunda fase de dobramentos do Ciclo Brasileiro.

De origem mesozonal a catazonal, os corpos graníticos da facies Cantareira apresentam caráter alóctone e para autóctone, com feições de

contato tanto transicionais quanto parcialmente discordantes, desenvolvendo inclusive algumas auréolas de contato quanto intrudidos em metamorfitos de baixo grau. Esta ação periférica vem acompanhada, em geral, de processos pneumatolíticos e injeções de veios pegmatíticos e aplíticos nas encaixantes, como nas regiões de Perus e Mairiporã.

São observados também, tipos bastante diversificados textural, composicional e mineralogicamente. O tipo granito-gnaissico é o mais comum, com a foliação concordante ao *trend* regional. Possui uma granulação fina a média, composição granítica a granodiorítica e ocorrência conspicua de megacristais de feldspato potássico, advindo de uma metassomatose tardia, conferindo à rocha caráter porfiróide.

2.3. Características Petrológicas, Propriedades Físicas e Químicas

2.3.1. Petrologia

Em linhas gerais, predomina o granito do tipo porfiróide, com grandes cristais de microclínio róseos ou brancos, imersos em matriz constituída de quartzo, feldspato e biotita. Predomina a existência de granodioritos, com variações para monzogranitos e raos monzodioritos.

A análise petrográfica (fonte : Dantas, 1990) indica relativa homogeneidade ao longo do maciço, possibilitando descrição genérica.

O quartzo forma, em média, 25% a 30% em volume da matriz. As feições de deformação são comuns, incluindo fraturamento, lamelas de deformação, texturas mortar e moderada recrystalização.

Plagioclásios ocorrem em cristais, alcançando até 1 cm. Perfazem, em média, 30% da rocha total, diminuindo em tipos mais ricos em megacristais de microclínio. As inclusões em plagioclásios são raras.

Os principais processos de alteração são saussuritização, sericitização e carbonatação, pouco pronunciados no maciço. Os minerais de alteração encontrados são a sericita, muscovita, epídoto, cloritas, carbonatos e zeólitas, em quantidades traço, denotando reduzida incidência de processos de alteração pós-magmática.

Microclínio ocorre na matriz ou como megacristais. Há uma tendência ao enriquecimento de megacristais no sentido borda-centro. A coloração predominante é creme esbranquiçada, com variações em cinza e rosa.

Os megacristais de K-feldspato apresentam feições de deformação como fraturamento e recrystalização.

As biotitas compõem aproximadamente 15% dos litotipos, havendo traços de titaníferas, de tonalidade acastanhada. Apresentam-se em

microplaquetas isorientadas ou em filetes circundando os minerais maiores, estando com frequência deformadas em lamelas encurvadas.

Dentre os principais acessórios temos apatita, alanita e titano magnetita, ilmenita e sulfetos, limonitizados.

Os minerais em quantidades traço encontrados são turmalina e zircão, inclusos em apatitas ou associados a biotitas.

2.3.2. Propriedades Físicas

Propriedade	Valores
Densidade real	2,72 t/m ³
Índice de abrasão	0,426
Work Index (Bond)	15,1 kwh/s
Lamellaridade	1%
Granulação	Média
Porosidade	~ 2%
Cor	Cinza
Dureza Mohs	7

Associa-se o Índice de Abrasão à porcentagem de sílica livre contida em um mineral, o valor médio obtido para o granito é de 0,55 (fonte : Manual da FAÇO), sendo este um valor bastante alto. Comparando-se com o resultado obtido no ensaio, o granito em estudo possui abrasividade relativamente baixa, este é um fator bastante positivo pois indica menos sílica livre que um granito qualquer. A sílica livre não é desejável pois além de acelerar o desgaste dos equipamentos, torna a rocha mais ácida, fato que atrapalha a adesão de ligantes em concretos de cimento portland e betuminosos.

2.3.3. Análises químicas

Foram analisadas amostras para determinação da composição química média do maciço. O resultados, colocados na tabela abaixo, estão expressos em faixas de variação das 20 amostras analisadas.

	Intervalo	Média
SiO ₂	64,8 - 72,0	66,7
TiO ₂	0,26 - 0,56	0,38
Al ₂ O ₃	13,17 - 15,24	14,67
FeO	2,47 - 4,81	3,60
MgO	0,56 - 1,24	0,90
MnO	0,05 - 0,08	0,06
CaO	2,31 - 4,64	3,01
Na ₂ O	3,71 - 4,70	4,06
K ₂ O	3,52 - 4,38	3,99
P ₂ O ₅	0,16 - 0,32	0,23

3. Desmonte de rocha

3.1. Definições

- Explosivo

Composto químico que, devidamente iniciado, tem a propriedade de sofrer transformações químicas exotérmicas violentas, que resultam na liberação de grandes quantidades de energia, em curto espaço de tempo. Estes podem ser deflagrantes (com baixa velocidade, com queima rápida e sem produção intensa de onda de choque), ou detonantes (velocidades média a alta, com decomposição por detonação é instantânea). Os explosivos detonantes necessitam do impulso de uma detonação primária (espoleta, cordel detonante, etc.) para sua iniciação.

- Força ou potência do explosivo

Conteúdo de energia de um explosivo e indica a capacidade de realizar trabalho.

- Velocidade

É a indicação, em metros por segundo, da rapidez com que a onda de detonação se propaga ao longo de uma coluna de explosivos. Normalmente se refere a uma coluna de 1 1/4" de diâmetro e varia de 1700 a 7200 m/s. A velocidade dos explosivos é função de muitos fatores, entre os quais : diâmetro, densidade, perda de ar, umidade, etc.

- Densidade

Convencionalmente entende-se por densidade o número de cartuchos de 1 1/4"x 8" existentes em uma caixa de 25 kg. Expressa a quantidade de energia por unidade de volume.

- Resistência à água

Os explosivos diferem bastante quanto a sua capacidade de resistir aos efeitos da água. Resistência à água, corresponde ao tempo que o explosivo resiste a ação da água sem perder suas principais propriedades (força, sensibilidade, etc.). A água pode diminuir a eficiência do explosivo, dessensibilizá-lo e provocar sua deterioração, quando estocado.

- Sensibilidade

A sensibilidade, expressa em polegadas, corresponde à distância máxima entre cartuchos, na qual ainda se verifica a propagação da detonação de um para o outro. A sensibilidade deve ser tal que assegure a detonação

de toda a extensão da carga, mas não se tornem perigosas durante o manuseio.

- Gases

Os gases que resultam da detonação de um explosivo são principalmente o dióxido de carbono (CO_2), o nitrogênio (N_2) e o vapor de água (H_2O), não tóxicos. Além destes podem aparecer gases tóxicos tais como o monóxido de carbono (CO) e o óxido de nitrogênio (NO e NO_2). A natureza e a quantidade de gases tóxicos variam com os diferentes tipos e espécies de explosivos até mesmo com as condições de uso.

- Exsudação

Quanto à segregação dos ingredientes sólidos e líquidos do explosivo e que pode ocorrer devido a longas estocagens, más condições de aeração durante a estocagem, elevada temperatura, grandes variações de pressão atmosférica ou gelatinização defeituosa. Explosivos nestas condições devem ser destruídos pois têm um aumento de sensibilidade e tornam-se perigosos.

- Acessórios de detonação

São produtos ou dispositivos utilizados para iniciar carga explosiva, fornecer ou transmitir chama para iniciar explosão, propagar onda explosiva de um ponto para outro, ou de uma carga para outra. Os acessórios mais comuns são estopim de segurança, espoleta comum, espoleta elétrica instantânea, espoleta elétrica de espera, cordel detonante e retardador de cordel.

- Estopim de segurança

É um acessório através do qual é conduzida uma chama, com velocidade uniforme, para o disparo direto de uma carga explosiva (pólvora) ou disparo indireto (espoleta).

- Espoleta simples

São cápsulas com uma extremidade fechada, e cheias de uma carga constituídas por um ou mais explosivos, altamente sensíveis. Detonam pela chispa ou fagulha emitida pelo estopim de segurança.

- Espoleta elétrica instantânea

Estas espoletas são detonadas por corrente elétrica. Com elas é possível detonar, simultaneamente, várias cargas explosivas.

- Espoleta elétrica de espera

São semelhantes às espoletas elétricas instantâneas, exceto por possuírem um elemento de retardo inserido entre o elemento de iniciação e as cargas detonadoras. a utilização deste tipo de espoleta permite a detonação de cargas explosivas, segundo uma seqüência, o controle das vibrações, a melhoria da fragmentação, entre outras vantagens.

- Cordel detonante

Tem por finalidade iniciar cargas explosivas, em função da detonação de seu núcleo; portanto, não transmite chama, como o estopim de segurança, mas garante a detonação de toda um coluna de carga. A explosão do núcleo do cordel precisa ser iniciada por uma espoleta.

- Retardo para cordel detonante

São acessórios não elétricos utilizados para detonação retardadas (milisegundos). São fornecidos com tempos de espera variados.

- Desmonte a Céu aberto

O desmonte a céu aberto corresponde ao conjunto de operações que se verificam na superfície, com a finalidade lavrar uma rocha. O desmonte requer prévia execução de um plano de fogo, onde se estuda, teoricamente, o sistema mais adequado para cada caso, obtendo-se um desmonte econômico e de boa qualidade.

- Plano de fogo

Na execução de um plano de fogo deve-se levar em consideração, e analisar previamente, uma série de fatores que exercem influência no desmonte. Dentre ele, tipo de rocha, planos de aleitamento, equipamento de perfuração disponível, capacidade da caçamba da carregadora, altura da bancada, produção necessária, equipamento de britagem, proximidades com habitações e estradas, segurança nos desmontes.

- Diâmetro dos furos

O diâmetro da perfuração é fixado mais em função do equipamento disponível do que das exigências do desmonte propriamente dito. Para pequenos desmontes e/ou desmontes em locais onde haja restrições de vibração e ruído, recomenda-se o uso de perfuração de pequeno diâmetro. Nos casos mais gerais tem sido utilizado o diâmetro de 3 polegadas.

- Afastamento

Entende-se por afastamento, a distância entre a face livre da bancada e a primeira carreira e furos, ou a distância entre duas carreiras consecutivas.

- **Espaçamento**
O espaçamento corresponde à distância entre furos consecutivos de uma mesma carreira. Varia com o tipo de resultado que se deseja obter, em função do afastamento.
- **Malha**
Denomina-se malha ao quadrilátero (genericamente o retângulo) limitado pela posição dos furos e tendo como lados o afastamento e o espaçamento.
- **Tampão**
É o nome que se dá ao material usado para preencher a parte vazia do furo, acima do explosivo, após colocação da carga explosiva. A finalidade do tampão é a de confinar a carga explosiva para obter melhor eficiência na detonação, confinar os gases depois da detonação de tal forma que a energia do explosivo possa romper a rocha antes do lançamento do tampão para fora do furo e, proteger a carga de uma eventual detonação provocada por agente externo.
- **Sub perfuração**
A sub perfuração corresponde ao valor, em metros, que deve ser aumentada a profundidade do furo, além do pé da bancada, a fim de assegurar o arranque da região mais incrustada da rocha.
- **Locação e profundidade dos furos**
A posição dos furos deve ser cuidadosamente observada, bem como a profundidade, acompanhando as irregularidades do topo da bancada, para que o piso obtido tão uniforme quanto possível.
- **Escolha do Explosivo**
A escolha de um explosivo adequado é um dos principais fatores para o sucesso do desmonte. Deve-se levar em consideração as propriedades dos explosivos (já descritas), principalmente a velocidade e densidade, condicionando-as ao tipo de rocha a desmontar, à fragmentação que se quer obter, e às condições de umidade onde deverá trabalhar.
- **Carregamento**
O carregamento compreende a operação completa de colocação de uma carga de maneira desejada, pronta para ser detonada.
- **Iniciação**

A escolha do sistema de iniciação fica na dependência do tipo de trabalho a realizar, economia de desmonte e tipo de explosivo utilizado.

- Razão de carregamento

Existem duas definições para razão de carregamento normalmente utilizadas na mineração, a primeira estabelece razão de carregamento como a quantidade de explosivo necessária para o desmonte de um metro cúbico de rocha. Outra definição define como a quantidade de explosivo necessária para o desmonte de uma tonelada de minério.

3.2. Mecanismo de Fragmentação

O trabalho de fragmentação de maciços rochosos dos explosivos industriais se faz em duas fases. Havendo uma carga explosiva confinada em um maciço rochoso a detonação desta produz dois efeitos, o primeiro relativo ao caminhamento das ondas de choque pelo maciço rochoso, geralmente nos primeiros cinco milissegundos após a ignição do explosivo, esta fase é chamada Dinâmica. O segundo, fase Quase-Estática, correspondente ao trabalho mecânico realizado durante o processo de expansão ou descompressão dos gases da detonação, normalmente após cinquenta milissegundos após a ignição do explosivo.

A onda de choque, quando se detona o explosivo, percorre a coluna de carga e propaga-se pelo maciço vizinho a cavidade desta, afastando-se concentricamente, atuando com pulsos de compressão, até atingir a face livre, de onde reflete e retorna ao interior do maciço aplicando esforços de tração a este.

Durante o caminhamento das ondas de choque pelo interior do maciço ocorre o aparecimento de fraturas radiais, e após a reflexão, o retorno das ondas de choque causa fraturas tangenciais.

O aparecimento das fraturas tangenciais pode explicado pelo modelo de Mello Mendes:

Seja P_e a pressão exercida pela frente de onda de detonação que percorre a coluna de explosivos, esta pode ser calculada pela expressão abaixo:

$$P_e = \frac{\rho_e \times u^2}{4}, \text{ sendo,}$$

ρ_e : massa específica do explosivo.

u : velocidade de detonação do explosivo.

A tensão de compressão atuante na rocha que rodeia o explosivo pode ser calculada pela seguinte expressão:

$$\sigma_c = \frac{2}{1 + m} \times |P_e|, \text{ sendo,}$$

m : impedância da superfície de separação explosivo-rocha, e dado por:

$$m = \frac{\gamma_e \times C_e}{\gamma_r \times C_r}, \text{ sendo,}$$

γ_e e γ_r : pesos específicos do explosivo e da rocha.

C_e e C_r : velocidades da onda de choque no explosivo e na rocha.

Da mesma forma que ocorre na superfície de separação explosivo-rocha, as tensões atuantes na superfície de separação rocha-ar podem ser calculadas em função de uma impedância n desta superfície, calculada pela relação:

$$n = \frac{\gamma_r \times C_r}{\gamma_a \times C_a}, \text{ sendo,}$$

γ_r e γ_a : pesos específicos da rocha e do ar.

C_r e C_a : velocidades da onda de choque na rocha e no ar.

A tensão de compressão σ_c atuante na rocha, sofre atenuações, pois a rocha não é um corpo elástico perfeito. Assim, chamaremos de $\sigma_c(\text{efetiva})$, a tensão de compressão, que é uma função da relação entre o raio do ponto considerado e do raio do centro da carga, em função da rocha e do explosivo.

Esta impedância rege a distribuição de tensão de compressão incidente na face livre, em duas outras σ_R e σ_P , respectivamente tensão da onda refletida (tensão de tração) e tensão da onda transmitida para o ar (ruído). Estas são dadas por:

$$\sigma_R = \frac{(1 - n)}{(1 + n)} \times \sigma_c(\text{efetiva}) \quad \text{e}$$

$$\sigma_P = \frac{(2)}{(1 + n)} \times \sigma_c(\text{efetiva})$$

A fase Quase-Estática ocorre quando os gases da detonação resultantes da reação química, em altas pressões e temperaturas, confinados na cavidade da rocha, procuram seu caminho de saída para a atmosfera.

Neste processo de descompressão eles percorrem as fraturas radiais e, em seguida pelas tangenciais, separando os blocos, movimentando-os para a frente, consumando o trabalho de fragmentação e lançamento do maciço rochoso iniciado na fase anterior.

A detonação de um explosivo é um processo pelo qual, através da reação química, transforma-se energia termoquímica em energias da onda de choque, dos gases e térmica. Destas três formas, apenas as duas primeiras realizam trabalho mecânico, e a terceira se perde para a atmosfera.

A energia cinética das ondas de choque produz, através das altas tensões aplicadas durante a fase dinâmica, o trabalho mecânico de compartimentação do maciço. Já a energia potencial dos gases da detonação produz o trabalho mecânico de separação e espaçamento dos blocos, movimentando-os e lançando-os em uma pilha mais adequada para seu manuseio.

Os fatores que influenciam no rendimento do desmonte são as condições de operação adequadas, escolha do tipo de explosivo, especificação adequada da geometria da detonação, entre outras.

A fragmentação da rocha deve ser tal que os blocos resultantes tenham dimensões apropriadas para posterior manuseio, e economia de energia elétrica nas operações de cominuição posteriores.

3.3. Tipos de Explosivos

Os explosivos existentes atualmente são resultado de pesquisa e desenvolvimento dos explosivos base, aqueles que foram descobertos fortuitamente ou a partir de pesquisas feitas no passado. Aqui será apresentado um breve histórico sobre o aparecimento dos explosivos, para então serem apresentados os tipos de explosivos existentes no mercado.

Em meados da Idade Média a pólvora, que os chineses utilizavam como material pirotécnico, foi utilizada em uma mistura bastante explosiva que então foi aplicada para fins bélicos.

O segundo explosivo a ser descoberto foi a Nitroglicerina, na Itália em meados do século 19, e foi uma revolução para a época, já que seu poder de explosão é muitas vezes superior ao da pólvora. O inconveniente deste explosivo era sua extrema sensibilidade, qualquer movimento brusco ou atrito resultava em explosão. Este inconveniente somente foi superado em 1863, quando Nobel adicionou diatomácea à nitroglicerina e criou a dinamite, um explosivo potente que oferecia boas condições de segurança.

Com o desenvolvimento da tecnologia, os pesquisadores desenvolveram o TNT, a Nitrocelulose e a gelatinização da Nitroglicerina. Estes são os primeiros "filhos" dos explosivos base conhecidos até então.

Mas a ocorrência de dois acidentes impulsionaram a descoberta de mais um agente de desmonte, o Nitrato de Amônio e, como seu derivado, o ANFO (Amonium Nitrate and Fuel Oil) mistura de Nitrato de Amônio e óleo diesel. Esta descoberta aliada a mais pesquisas e testes consolidaram o Nitrato de Amônio como um dos principais componentes dos explosivos atuais.

As lamas explosivas são misturas, em diversas proporções, de Nitrato de Amônio, Óleo Diesel, Água e outros produtos, como pó de alumínio,

goma, bórax, entre outros. Estes explosivos tem a vantagem de desenvolver grande energia útil com boas condições de segurança pois é "fabricada" no local de consumo, e seus componentes, isoladamente, não são substâncias explosivas.

Os explosivos podem ainda ser classificados de várias formas, quanto a aplicação, expansão gasosa, etc. Algumas destas classificações são dadas a seguir.

3.3.1. Aplicação

Os explosivos podem ser aplicados como iniciadores ou como de ruptura, e são chamados de primários e secundários, respectivamente.

Os explosivos primários são utilizados como iniciadores por serem de fácil decomposição quando excitados por agentes externos. São as espoletas, cordel detonante, boosters, entre outros. Sua composição química inclui ázida de chumbo, estifinato de chumbo, fulminato de mercúrio e nitropenta.

Os explosivos secundários são tão potentes como os primários, porém são mais estáveis e necessitam de uma maior quantidade de energia para iniciar o processo de detonação. É o caso das dinamites, ANFO e lamas.

Há o caso de materiais que agem como primários e secundários, como a nitropenta, que no cordel detonante atua como explosivo primário e como secundário em demolições.

3.3.2. Expansão gasosa

Os explosivos podem desenvolver maior ou menor quantidade de gases na detonação, conforme sua composição química. Explosivos considerados de baixa expansão gasosa desenvolvem até 800 litros de gases por quilograma de explosivo.

Dentro ainda desta classificação, os explosivos podem ser divididos quanto à toxicidade dos gases gerados. Assim sendo, podem ser de três categorias :

Categoria A : até 30 litros/kg de gases tóxicos;

Categoria B : de 30l/kg até 60 l/kg, e

Categoria C : mais de 60 l/kg.

(Fonte : Manual da EXPLO).

3.3.3 Composição química básica dos explosivos

Os principais elementos químicos de um explosivo são Carbono, Hidrogênio, Oxigênio e Nitrogênio. Outros elementos secundários aparecem na composição para alterar propriedades do explosivo, como temperatura de explosão e/ou quantidade de energia liberada. estes elementos são sódio, potássio, cloro, bário, cálcio e alumínio.

As principais substâncias explosivas tem presença constante dos elementos carbono, hidrogênio, oxigênio e nitrogênio, isto indica que são compostos orgânicos.

3.3.4. Produtos da Reação Química

A reação de decomposição do explosivo, normalmente gera os seguintes produtos :

Monóxido de Carbono (CO);
Dióxido de Carbono (CO₂);
Óxido Nitroso (NO);
Óxido Nítrico (NO₂);
Nitrogênio (N);
Água (H₂O);
Oxigênio (O₂) e
Carbono (C).

Os produtos de uma decomposição ideal seriam apenas dióxido de carbono, água e nitrogênio, não havendo sobra de oxigênio e outros óxidos, como o monóxido de carbono, óxido nitroso e óxido nítrico. Estes óxidos indicam que a decomposição do explosivo não foi completa, logo o aproveitamento da energia termoquímica não foi o ideal, para completar, os óxidos indesejáveis são altamente tóxicos.

4. Método de Desmonte

Neste trabalho estão sendo analisadas três fases do desmonte de rocha da empresa, assim divididas:

Fase 1	Janeiro 93 até Outubro de 93	Método convencional
Fase 2	Outubro de 93 até Agosto de 94	Alteração da malha com utilização de emulsão
Fase 3	Agosto de 94 até Outubro de 95	Método com utilização de Software

No método convencional, a fase 1, o plano de fogo foi definido por relações empíricas tradicionalmente utilizadas. Durante a fase dois, a malha (afastamento e espaçamento) foi alterada para ficar mais "quadrada" e iniciou-se a utilização da emulsão explosiva. Já na fase 3, objetivando o aperfeiçoamento do plano de fogo, foi utilizado um software.

As três fases serão descritas sucintamente e analisadas nas seções a seguir.

4.1. Descrição do Método

4.1.1. Fase 1

Nesta fase, o espaçamento utilizado era de 4,5m e o afastamento de 2,1m, os agentes de desmonte mais utilizados eram nitrato de amônio, emulsão bombeável, mistura de ANFO com emulsão bombeável e dinamite. As razões de carregamento e demais parâmetros podem ser vistos na tabela 4.1. Desmontes realizados na fase 1. A definição da razão de carregamento era feita através da experiência do chefe de lavra e por métodos empíricos, relacionando os equipamentos da empresa com tamanhos dos furos, além de outras relações.

4.1.2. Fase 2

Durante esta fase, o espaçamento utilizado era de 5,0m e o afastamento de 2,7m, o agente de desmonte mais utilizado era a emulsão, às vezes com auxílio de emulsão bombeável. A tabela 4.2: Desmontes realizados na fase 2, demonstra os demais parâmetros. Nesta fase a razão de

carregamento ainda era determinada por métodos empíricos citados anteriormente.

4.1.3. Fase 3

Esta fase é a de maior interesse neste trabalho, com os resultados obtidos nesta fase que veremos se houve, ou não, otimização da operação de desmonte. O método consiste na utilização de um software para determinação da razão de carregamento. O método e as vantagens são descritos abaixo. Paralelamente houve também alteração da malha.

A base do método está no conhecimento das superfícies e maior controle possível dos parâmetros. O carregamento é a variável de maior influência nos resultados do desmonte e, normalmente não é calculada para todos os furos de mina. Carregamentos inadequados resultam em ultralançamento, maiores custos com explosivos e com perfuração, muita vibração, má fragmentação, maiores índices de fogacho e face de bancada indesejada.

Determinação incorreta da altura da bancada resulta em excessivo repé, grande vibração e maiores custos de perfuração e desmonte.

As inclinações dos furos incorretas e os desvios não detectados podem criar significativas variações nos resultados do desmonte.

Na prática, baseia-se apenas na experiência visual, que é um método perigoso, lento e caro. No método proposto, a face e o posicionamento do furo são determinados rapidamente, precisamente e a baixos custos, os resultados devem ser imediatamente avaliados.

O software Quarryman tm Face master Systems, permite fazer o mapeamento da face em minutos, determinar o plano de fogo para máxima produção e verificar a precisão dos furos, acertar o plano de fogo com os desvios do furo, para minimizar o impacto ambiental antes do desmonte.

O software é composto por :

- Quarryman tm Laser Profiling System;
- Boretrak tm Borehole Survey System;
- Quarryman tm Face 3D Software package;
- e um computador IBM compatível.

Os princípios básicos são :

1. O operador posiciona o Laser na face e mede a distância, ângulos vertical e horizontal em alguns pontos da face da bancada;
2. O laser faz o mapeamento da face armazenando os dados;

3. O computador processa os dados da face medida e fornece um plano de fogo otimizado da bancada em questão, mostrando a face resultante e o posicionamento dos furos (afastamento e espaçamento são fornecidos pelo operador);
4. Os resultados são impressos (ver anexo 1) e enviados para perfuração da rocha;
5. Após os furos feitos o Boretrak verifica os desvios dos mesmos;
6. O computador lista e imprime os desvios do Boretrak e da face mapeada.

O Quarryman Tm laser Profiling System® é um teodolito, manualmente operado e tem capacidade para medir ângulos horizontais, verticais e distâncias, diretamente da face da bancada até 400 m. São feitas leituras atravessando a bancada entre duas linhas de referência definidas pelo operador, são "lidos" pontos suficientes para uma boa definição da face, com fraturas, cumes e piso. As medidas são gravadas em um notebook e posteriormente passadas para o sistema de computador.

O sistema é constituído de quatro módulos:

- processamento e integração dos dados;
- manipulação de informações para otimização do plano de fogo;
- produção de gráficos em 2D e 3D;
- geração de documentos.

A operação é iniciada com a definição do primeiro ponto de furação, espaçamento, afastamento e densidade da rocha. o sistema processa os dados e projeta os furos com 90° da linha base, calcula o carregamento e imprime a face resultante em três dimensões, além de calcular a tonelagem de rocha que será desmontada. o sistema dá oportunidade para o operador ajustar o plano de fogo para otimizar a geometria do desmonte.

São emitidos documentos com o plano de referência horizontal e o plano de furação. Realizada a furação o Boretrak lê os desvios do furo, o software recalcula o plano de fogo para os novos dados e fornece os novos valores de carregamento furo a furo.

O Boretrak utiliza um sensor de gravidade que determina a inclinação do furo e as hastes que são utilizadas para descer o sensor elo furo indicam a profundidade do furo.

As vantagens da técnica são:

1. O contorno das faces são interpretados e o espaçamento pode ser modificado durante a interpretação do novo contorno da face;
2. Inter-relações de contorno e furos são exatamente conhecidos sem necessidade de complicadas medições;
3. Atualização de cálculo de volume e tonelagem possibilita conhecer exatamente a produção daquela bancada;
4. O software permite rápida elaboração do plano de fogo reduzindo o tempo de perfuração e economizando explosivo;
5. A utilização do boretrak resulta em ajuste final de carretamento de fogo, atualização prática do plano de fogo, aviso de conflito de furo ou desvio e perigo potencial
6. Quanto à segurança, determina o carregamento mínimo, reduzindo impactos ambientais;
7. Redução direta dos custos de explosivo, melhor rendimento da bancada, melhor fragmentação, menor incidência de fogo secundário e menor desgaste e quebra de equipamentos;
8. Redução dos impactos ambientais devido à menores custos em operações de limpeza e menor rompimento das faces.

Os resultados obtidos nesta fase podem ser vistos na tabela 4.3. Desmontes realizados na fase 3.

4.2. Resultados obtidos

Os resultados obtidos em aproximadamente três anos de análise foram feitos inicialmente com a evolução da razão de carregamento, razão de carregamento linear e volume de rocha retirada por metro perfurado, fogo a fogo, ao longo dos anos de 93, 94 e até outubro de 95. Depois foi analisada a evolução da razão de carregamento para frentes específicas nas três fases, para verificar a influência das características do maciço rochoso nos resultados. Os índices de fogacho, mês a mês, também foram calculados e podem ser vistos na tabela 4.2.1. Índice de Fogacho e na figura 4.2.1. Variação do Índice de Fogacho em 93, 94 e 95.

Além dos resultados numéricos, foram analisados resultados qualitativos quanto a fragmentação e altura da pilha. Estes podem ser vistos nas tabelas 4.2.2. Fragmentação e 4.2.3. Altura da Pilha, além das figuras 4.2.2.a, 4.2.2.b, 4.2.2.c e 4.2.3.

A partir da análise destes dados verificou-se os valores médios para os três parâmetros quantitativos e a evolução destes ao longo das três fases.

5. Comparação entre os métodos

Comparando os resultados obtidos nas três fases verificamos que a razão de carregamento foi reduzida no início da fase 2, mantendo-se aproximadamente igual durante a fase 3. As frentes 1 (cota 874) e 2 (cota 910) tiveram razões de carregamento variando de 10 a 20% da média obtida no decorrer das fases.

A razão de carregamento linear apresentou ligeiro acréscimo (aproximadamente 10%) durante a segunda fase, e durante a terceira fase ficou oscilante entre os valores das fases anteriores. A análise das duas frentes de desmonte demonstrou que os fatores geológicos não afetaram os resultados.

Com a análise do volume de rocha desmontada por metro perfurado, verificamos aumento de 30% durante a fase 2 e posterior redução durante a fase 3. Mais uma vez, os fatores geológicos não afetaram os resultados.

O índice de fogacho mensal decresceu ao longo de dois anos e nove meses, mantendo-se em aproximadamente 5,6% nos três últimos meses de análise.

A fragmentação sofreu significativa melhora ao longo das três fases, embora o número de desmontes com classificação ruim e péssima tenham aumentado. Deve-se considerar ainda que durante o ano de 93 não foi registrada a fragmentação para todos os fogos.

A altura da pilha aumentou durante a segunda fase, mantendo-se alta na terceira.

6. Conclusão

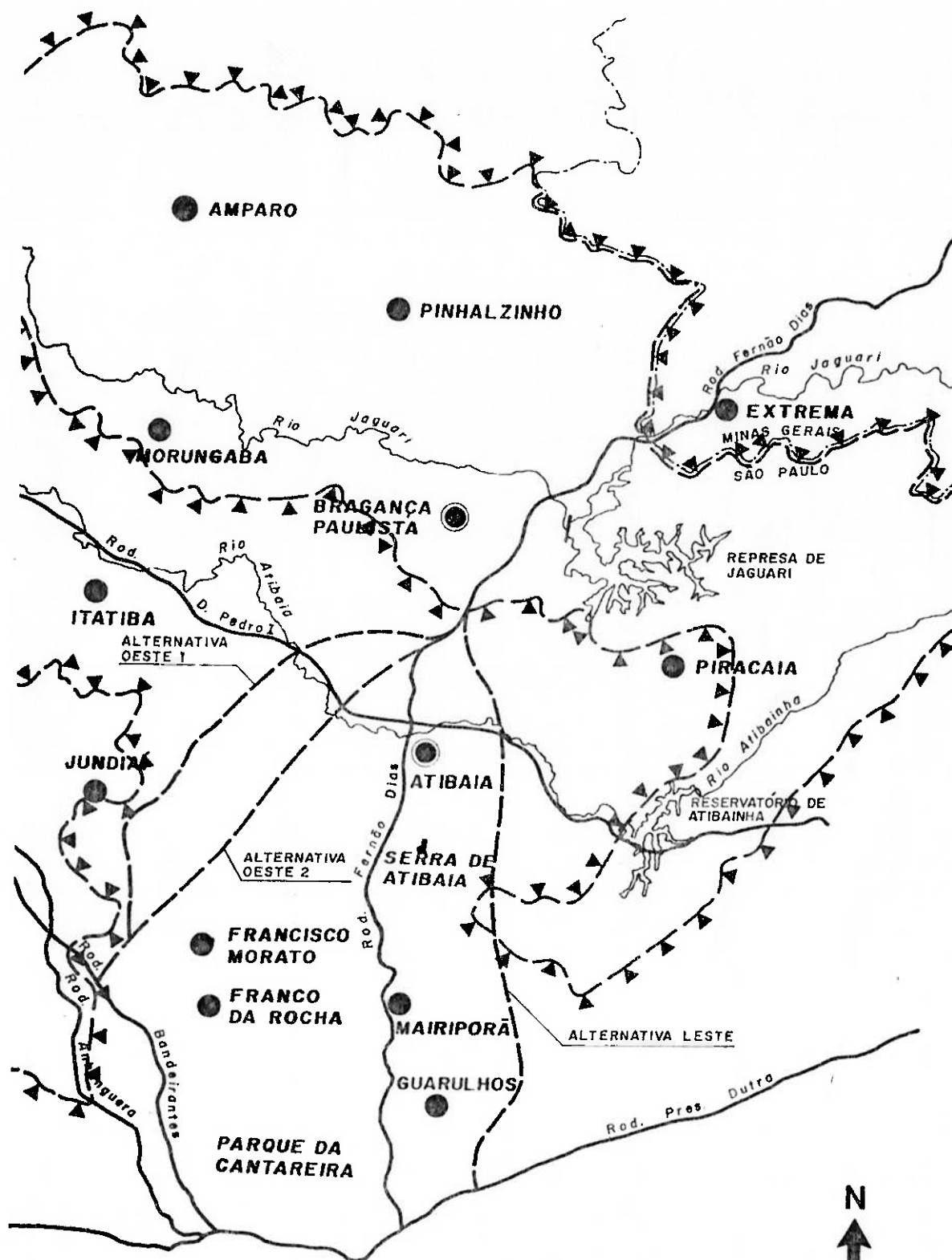
Verificamos que a fase 2 trouxe melhora significativa para a razão de carregamento e volume de rocha desmontada por metro perfurado. Já a fase 3 manteve a razão de carregamento e a razão de carregamento linear, penalizou o volume de rocha desmontada por metro perfurado, e apresentou melhores resultados na fragmentação, além de sensível melhora na altura da pilha.

Em termos puramente técnicos não se verificou melhora significativa durante a fase 3. Os custos com explosivos se mantiveram e os custos de perfuração aumentaram em relação a fase 2. A melhora na fragmentação pode significar redução dos custos de energia elétrica na etapa posterior de britagem e menos riscos de quebra de equipamentos.

Os aspectos de segurança e impactos ambientais não puderam ser avaliados pois não há registros em nenhuma das fases.

Não foram analisadas as ligações dos diversos planos de fogo, altura de bancada, sub furação, tipo de tampão e profundidade do mesmo. Estes parâmetros também exercem influência no resultado do desmonte.

7. Anexos



LEGENDA

- ALTERNATIVAS LOCACIONAIS
- RODOVIAS EXISTENTES

Mapa 1

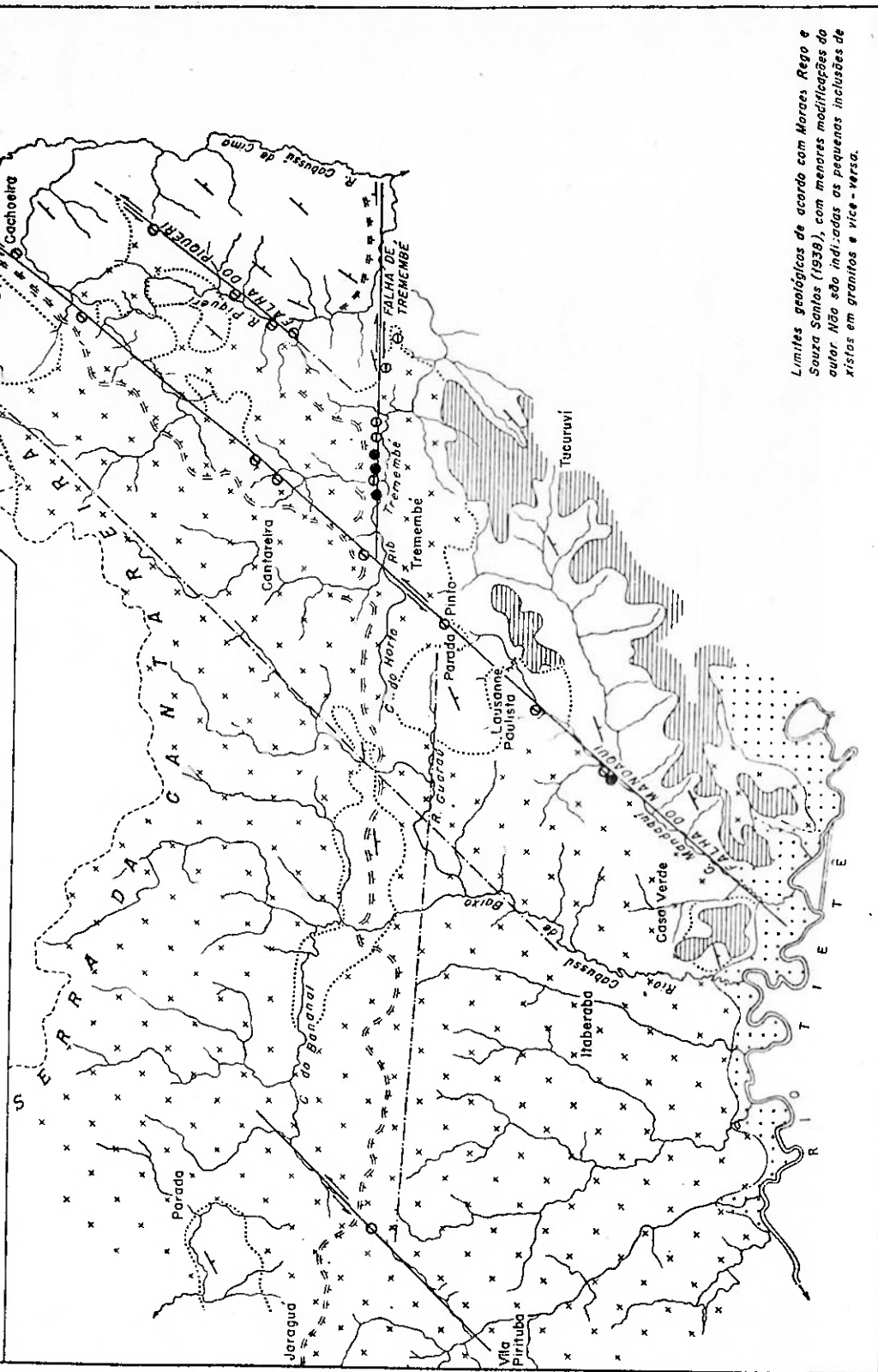
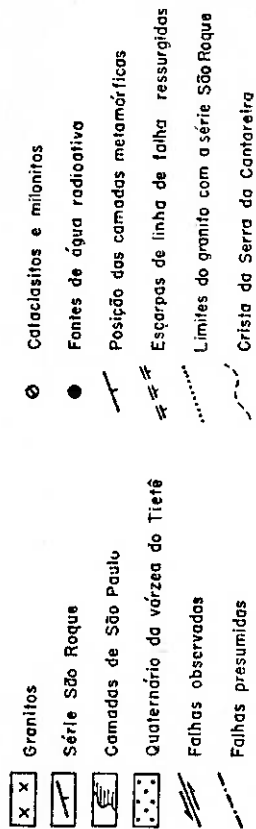
FANEROZÓICO	CENOZÓICO	QUATERNÁRIO	Sedimentos marinhos e mistos (Qm), aluvionares (Qa) e continentais indiferenciados (Qi)					
		TERCIÁRIO	Grupo Taubaté { Fm. Caçapava (TQc) Fm. Tremembé (Tt)	Fm. São Paulo (TQs)	Coberturas indiferenciadas correlatas à Fm. São Paulo (TQls)	Fm. Rio Claro (TQr)	Coberturas indiferenciadas correlatas à Fm. Rio Claro (TQir)	Coberturas da Serra de Santana e similares (TOi)
	MESOZÓICO	Diques alcalinos de Poços de Caldas (Ta ¹)						
		Corpos alcalinos: Litoral Norte (Ka3a); Cananéia (Ka3b), Passa Quatro (Ka3c), Poços de Caldas (Ka3d), Ponte Nova (Ka3e) e Jaboticabal (Ka3g). Diques alcalinos de Santo Antonio do Pinhal (Ka3f)			BACIA DO PARANÁ			
		Corpos alcalinos de Itapirapuã (Ka2)			Grupo Bauru { Formação Marília (Km) Formação Adamantina (Ka) Formação Santo Anastácio (Ksa) Formação Caiuá (Kc)	Formação Itaqueri (Kti) Sedimentos correlatos à Formação Itaqueri (Ktii)		
		Corpos alcalinos: Juquá (Ka1a), Jacupiranga (Ka1b), Piedade (Ka1c) e Ipanema (Ka1d).			Grupo São Bento { Formação Serra Geral (JKsg) e Rochas intrusivas associadas (JKβ) Formação Botucatu (JKb) Formação Pirambóia (JKp)			
		Rochas intrusivas básicas (JKβ)			Grupo Passa Dois { Formação Rio do Rasto (Prr) Formação Teresina (Pt) Formação Serra Alta (Psa) Formação Itati (Pi)	Formação Corumbataí (Pc)		
	PERMIANO SUPERIOR				Grupo Tubarão { Formação Palermo (Pp) Formação Rio Bonito (Prb) Formação Itararé (Cpi) Formação Aquidauana (CPa)	Formação Tatui (Ptt)		
	CARBONÍFERO SUP A PERMIANO MÉDIO				Grupo Paraná { Formação Ponta Grossa (Dpg) Formação Furnas (Df)			
	DEVONIANO							
EOPALEOZÓICO	Formação Eleutério (COe) Suítes graníticas postectônicas: Facies granítica (COγg); Facies Graciosa (COγa) e Facies Itu (COγi) Suítes graníticas indiferenciadas (PSCOγ)							
PROTEROZÓICO	SUPERIOR	Suítes graníticas sintectônicas: Facies Contreira (PSYc) e Facies migmatítica (PSYm) Complexo Pilar do Sul: PSpX, PSpF, PSpFC, PSpC, PSpQ, PSpS, PSpR, PSpB Complexo Embu: PSeB, PSeM Grupo São Roque: PSsX, PSsF, PSsQ, PSsC, PSsR, PSsD, PSsM						
		Grupo Canastra: PMcQ (PMc)						
	MÉDIO							
	INFERIOR	Formação Setuva (Pis)	Complexo Turvo-Cajati: PitG, PitX, PitC, PitQ, PitM	Complexo Amparo: PiaGM, PiaQ, PiaS, PiaX, PiaB, PiaHM, PiaH	Complexo Paraíba do Sul (Pip)			PipM, PipD, PipH
ARQUEANO	Complexo Costeiro: AcB, AcD, AcHM, (Ac) AcC, AcM, AcH, AcX Complexo Juiz de Fora: AJM (A) Complexo Varginha: AvQ, AvM, AvH, (Av) AvHM, AvC, AvB							
Obs.: Símbolos das litologias gerais: α - alcalinas; β - básicas; γ - granitos; B - metabásicas; C - calcárias; D - metadioritos; F - filitos; FC - filitoescalcários; G - gnaisses; H - granulitos; HM - granulitos migmatizados; M - migmatitos; Q - quartzitos; R - metaconglomerados; S - calcossilicáticos; X - xistos.								

Obs.: Símbolos das litologias gerais: α - alcalinas; β - básicas; γ - granitos; B - metabásicas; C - calcários; D - metadioritos; F - filitos; FC - filitos calcários; G - gnaisses; H - granulitos; HM - granulitos migmatizados; M - migmatitos; Q - quartzitos; R - metaconglomerados; S - calcossilicáticos; X - xistos.

Coluna Estratigráfica

TECTÔNICA DA SERRA DA CANTAREIRA

F. F. M. de Almeida - 1953



Limites geológicos de acordo com Moraes Rego e Souza Santos (1938), com menores modificações do autor. Não são indicadas as pequenas inclusões de xistos em granitos e vice-versa.

Esquema Geológico

PLANILHA DE PERFURACAO

Pagina 1

Cliente: PED. CANTAREIRA

Unidade: MAIRIPORÁ

Data: 04/10/95

Diametro (mm) 89

Afastamento (m) 3.2

Espacamento (m) 3.8

Dist ME-MD (m) 93

Dist A-Furo#1 (m) 1.5

Desvios (+-m) 0.5

Subfuracao (m) 1

Densidade (Kg/M³) 2.65

Servico No. :

L/P Arquivo No: M49

Arquivo : M49MO

Computer Face Tens 12194 Tns

NIVEL ME MD

Nivel da Crista 889 889

Nivel Piso 874 874

Altura da Bancada 15.0 15.0

Projeto Angulo Furos

Projeto off set

Linhas de Referencia

1ª Linha 20 A / B ME MD

2ª Linha 17.5 C / D 3.2 3.2

3ª Linha 17.5 E / F 6.4 6.4

4ª Linha 17.5 G / H 9.6 9.6

5ª Linha 17.5 I / J 12.8 12.8

Nº de Linhas (Max 5) 3

Posicao das Linhas de Referencia em relacao a Face

MD Face MD

B <-<-<-< 1ª Linha ->->->-> A

D <-<-<-< 2ª Linha ->->->-> C

F <-<-<-< 3ª Linha ->->->-> E

H <-<-<-< 4ª Linha ->->->-> G

J <-<-<-< 5ª Linha ->->->-> I

TOTALS

Tonelagem 35247 Tns

Furacao Total 1248 Meters

Tonelagem 11191 Tns

Tonelagem 11862 Tns

PRIMEIRA LINHA						SEGUNDA LINHA						TERCEIRA LINHA					
Dados Projeto						Dados Projeto						Dados Projeto					
Dist	Offset	Angulo	Altura	Comp	Total	Dist	Offset	Angulo	Afastamento	Comp	Total	Dist	Offset	Angulo	Afastamento	Comp	Total
Linha AB	AB	Furo	Banco	Furo		Linha CD	OffsetCD	CD	Furo	Tampao	Fundo	Linha EF	EF	Furo	Tampao	Pe	Furo
1	1.5	-0.3	17.5	15.0	16.7	3.4	-0.3	17.5	3.0	3.4	16.7	1.5	0.0	17.5	3.5	3.5	16.7
2	5.3	0.0	20	15.0	17.0	7.2	-0.4	17.5	2.6 ?	3.4	16.9	5.3	0.0	17.5	3.6	3.6	16.7
3	9.1	0.3	20	15.3	17.3	11.0	-0.2	17.5	2.8	3.5	16.9	9.1	0.0	17.5	3.5	3.5	17.0
4	12.9	0.2	20	15.1	17.1	14.8	-0.3	17.5	2.6 ?	3.3	16.9	12.9	0.0	17.5	3.5	3.5	16.8
5	16.7	0.4	20	15.3	17.3	18.6	-0.4	17.5	2.6 ?	3.3	17.0	16.7	0.0	17.5	3.6	3.6	17.0
6	20.5	0.0	20	15.3	17.3	22.4	-0.5	17.5	2.9	3.7	17.0	20.5	0.0	17.5	3.7	3.7	17.0
7	24.3	-0.5	20	15.2	17.2	26.2	-0.5	17.5	2.9	3.7	16.9	24.3	0.0	17.5	3.7 ?	3.7 ?	16.9
8	28.1	0.0	20	15.1	17.1	30.0	-0.3	17.5	2.7 ?	3.4	16.7	28.1	0.0	17.5	3.6	3.6	16.8
9	31.9	0.4	20	14.9	16.9	33.8	-0.1	17.5	2.7 ?	3.4	16.7	31.9	0.0	17.5	3.4	3.4	16.6
10	35.7	0.4	20	15.0	17.0	37.6	-0.2	17.5	2.6 ?	3.3	16.6	35.7	0.0	17.5	3.3	3.3	16.7
11	39.5	0.4	20	14.7	16.6	41.4	0.0	17.5	3.1	3.4	16.5	39.5	0.0	17.5	3.3	3.3	16.4
12	43.3	-0.1	17.5	14.9	16.6	45.2	-0.2	17.5	2.9	3.3	16.6	43.3	0.0	17.5	3.3	3.3	16.6
13	47.1	0.2	20	14.8	16.7	49.0	0.0	17.5	3.0	3.4	16.5	47.1	0.0	17.5	3.3	3.3	16.5
14	50.9	0.2	17.5	14.7	16.4	52.8	0.0	17.5	2.9	2.9	16.4	50.9	0.0	17.5	3.2	3.2	16.4
15	54.7	0.4	17.5	14.6	16.3	56.6	0.3	17.5	3.1	3.1	16.5	54.7	0.0	17.5	3.0	3.0	16.3
16	58.5	0.5	17.5	15.0	16.7	60.4	0.3	17.5	3.3	2.9	16.6	58.5	0.0	17.5	2.9	2.9	16.7
17	62.3	0.0	15	14.7	16.2	64.2	0.4	17.5	3.3	2.9	16.2	62.3	0.0	17.5	2.8	2.8	16.4
18	66.1	0.6	17.5	14.3	16.0	68.0	0.3	17.5	2.8	3.1	16.3	66.1	0.0	17.5	2.8	2.8	16.0
19	69.9	0.9	20	14.9	16.9	71.8	0.3	17.5	2.6 ?	3.0	16.6	69.9	0.0	17.5	2.9	2.9	16.6
20	73.7	0.8	17.5	14.8	16.5	75.6	0.4	17.5	2.9	2.9	16.4	73.7	0.0	17.5	2.8	2.8	16.5
21	77.5	0.6	17.5	14.6	16.3	79.4	0.3	17.5	2.6 ?	3.0	16.4	77.5	0.0	17.5	2.8	2.8	16.3
22	81.3	1.2	20	14.7	16.6	83.2	0.6	17.5	2.4 ?	2.8	16.5	81.3	0.0	17.5	2.8	2.8	16.4
23	85.1	1.6	17.5	14.9	16.6	87.0	0.6	17.5	2.4 ?	2.4 ?	16.6	85.1	0.0	17.5	2.6 ?	2.6 ?	16.6
24	88.9	1.1	17.5	14.8	16.5	90.8	0.6	17.5	2.9	2.5 ?	16.4	88.9	0.0	17.5	2.6 ?	2.6 ?	16.5
25	92.7	0.7	15	14.6	16.1	94.6	0.6	17.5	3.1	2.4 ?	16.3	92.7	0.0	17.5	2.6 ?	2.6 ?	16.3

SHOTPlan v3.0

PED.CANTAREIRA 04/10/95

Legend

—

— Bench

Inhole Not Def.

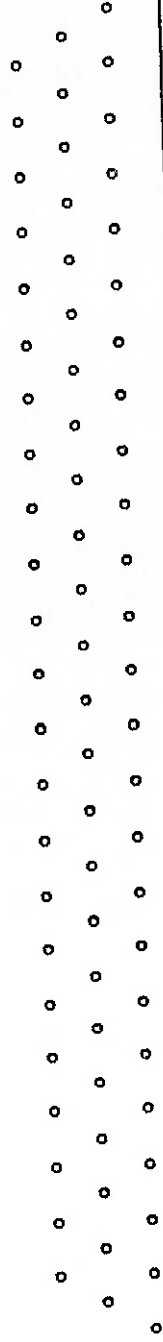


Tabela 4.1.a. Desmontes realizados na fase 1.

mês/ano	Nº logo	cota	afastamento	espacamento	Nº de furos	profundidade	sub-furação	Inclinação	tempo	prof. lâmpão	total	volume de rocha	razão	razão carreg.	Furação	Volume
jan/93	1	910	1,93	4	85	11,37	0,7	25	pedrisco	1	5835	6418	0,909	6,038	986,5	6,641
jan/93	2	920	2	4	20	11,21	0,9	18° 30'	pedrisco	1	1520	1564	0,972	6,780	224,2	6,976
jan/93	3	888	palifeiro	palifeiro	26	8,84		90	pedrisco	1	375	450	0,833	1,687	221,0	2,036
jan/93	4	888	1,93	4	71	14,66	0,7	15	pedrisco	1	6250	7391	0,846	6,005	1040,9	7,101
jan/93	5	920	1,93	4	86	10,62	0,7	16	pedrisco	1	4885	6331	0,773	5,360	913,3	6,932
fev/93	6	930	1,93	3,7	31	11,27	0,9	20	pedrisco	1	1815	2157	0,841	5,195	349,4	6,174
fev/93	7	920	2,1	4,5	77	10,49	0,7	15	pedrisco	1	4750	6830	0,695	5,881	807,7	8,456
fev/93	8	960	2,1	4,5	16	10,98	0,7	20	pedrisco	1	880	1461	0,602	5,009	175,7	8,316
fev/93	9	888	2,1	4,5	40	13,38	0,7	15/16	pedrisco	1	2900	4619	0,628	5,419	535,2	8,630
mar/93	10	950	2,1	4,5	33	11,14	0,7	20	pedrisco	1	2305	3059	0,754	6,270	367,6	8,321
mar/93	11	888	2,1	4,5	66	14,5	0,7	15	pedrisco	1	5475	8314	0,659	5,721	957,0	8,888
mar/93	12	950	2,1	4,5	30	11,04	0,7	18/19	pedrisco	1	1870	2780	0,673	5,646	331,2	8,394
mar/93	13	910	2,1	4,5	80	11	0,7	150/30'	pedrisco	1	4400	7312	0,602	5,000	880,0	8,309
mar/93	14	950	2,1	4,5	63	10,89	0,7	160	pedrisco	1	3445	5832	0,591	5,021	686,1	8,501
abr/93	15	888	2,1	4,5	36	13,4	0,7	150	pedrisco	1	2750	4173	0,659	5,701	482,4	8,650
abr/93	16	910	2,1	4,5	32	10,53	0,7	15	pedrisco	1	2100	2871	0,731	6,232	337,0	8,520
abr/93	17	888	2,1	4,5	68	14,72	0,7	15	pedrisco	1	5335	8702	0,613	5,330	1001,0	8,694
mai/93	18	910	2,1	4,5	41	10,75	0,7	19	pedrisco	1	2190	3681	0,595	4,959	440,8	8,352
mai/93	19	910	2,1	4,5	39	11,56	0,7	19	pedrisco	1	2460	3784	0,650	5,456	450,8	8,393
mai/93	20	940	2,1	4,5	43	11,32	0,7	180/30'	pedrisco	1	2610	4092	0,638	5,362	486,8	8,407
mai/93	21	900	2,1	4,5	70	11,87	0,7	280/20'	pedrisco	1	4175	6584	0,634	5,025	830,9	7,924
jun/93	22	910	2,1	4,5	62	10,7	0,7	16	pedrisco	1	3555	5632	0,631	5,359	663,4	8,490
jun/93	23	940	2,1	4,5	41	11,14	0,7	150/30'	pedrisco	1	2690	3898	0,690	5,890	456,7	8,534
jun/93	24	900	2,1	4,5	49	11,64	0,7	21	pedrisco	1	3190	4729	0,675	5,593	570,4	8,281
jun/93	25	874	2,1	4,5	19	5,66	0,7	20	pó	1,5	525	837	0,627	4,882	107,5	7,783
jun/93	26	910	2,1	4,5	56	10,69	0,7	15	pó	1,5	3340	5107	0,654	5,579	598,6	8,531
jun/93	27	940	2,1	4,5	36	11,24	0,7	15	pó	1,5	2320	3456	0,671	5,733	404,6	8,541
jun/93	28	888	2,1	4,5	53	13,35	0,7	15	pó	1,5	3990	6110	0,653	5,639	707,6	8,635
jun/93	29	874	2,1	4,5	39	5,59	0,7	15	pó	1,5	1115	1732	0,644	5,114	218,0	7,945
jun/93	30	900	2,1	4,5	16	11,44	0,7	16/17/18	pó	1,5	1135	1547	0,734	6,201	183,0	8,452
jun/93	31	920	2,1	4,5	53	10,48	0,7	15/16/17	pó	1	3265	4713	0,693	5,878	555,4	8,485
jun/93	32	874	2,1	4,5	29	14,38	0,7	24	pó	2	1350	2181	0,619	3,237	417,0	5,230
jun/93	33	900	2,1	4,5	20	11,62	0,7	15	pó	1	1210	1992	0,607	5,207	232,4	8,571
jun/93	34	874	2,1	4,5	41	14,83	0,7	21/19/17	pó	1,8	3235	5176	0,625	5,320	608,0	8,513
ago/93	35	874	3,6	1,8	12	4,9		90	pó	1	250	381	0,656	4,252	58,8	6,480
ago/93	36	900	2,1	4,5	72	11,29	0,7	16	pó	1,8	4585	6926	0,662	5,640	812,9	8,520
ago/93	37	874	2,1	4,5	41	14,85	0,7	16/15	pó	1,8	3260	5288	0,616	5,354	608,9	8,685
ago/93	38	910	2,7	5	45	10,82	0,9	15	pó	1,3	2990	5819	0,514	6,141	485,9	11,951
ago/93	39	940	2,1	4,5	20	11,22	0,7	15	pó	1,3	1280	1916	0,668	5,704	224,4	8,538
ago/93	40	940	2,1	4,5	19	11,3	0,7	15	pó	1,3	1210	1833	0,660	5,636	214,7	8,537
set/93	41	888	2,7	5	51	13,67	0,9	15	pó	1,3	4630	8468	0,547	6,641	697,2	12,146
set/93	42	874	2,1	4,5	47	15,1	0,7	15	pó	1,8	4060	6154	0,660	5,721	709,7	8,671
set/93	43	940	2,1	4,5	25	11,22	0,7	15	pó	1,8	1685	2396	0,703	6,007	280,5	8,542
out/93	44	900	2,1	4,5	50	11,19	0,7	15	pó	1,8	3615	4777	0,757	6,461	559,5	8,538
out/93	45	874	2,1	4,5	53	14,87	0,7	15	pó	1,8	4345	6847	0,635	5,513	788,1	8,688
out/93	46	888	2,1	4,5	30	15,54	0,7	15	pó	1,8	2765	4058	0,681	5,931	466,2	8,704
out/93	47	874	2,1	4,5	45	14,51	0,7	15	pó	1,8	3650	5522	0,649	5,590	653,0	8,610
nov/93	48	888	2,1	4,5	29	15,66	0,7	15	pó	1,5	2670	3955	0,675	5,879	454,1	8,709

Gráfico 4.1.1. Variação da Razão de Carregamento ao longo da fase 1.

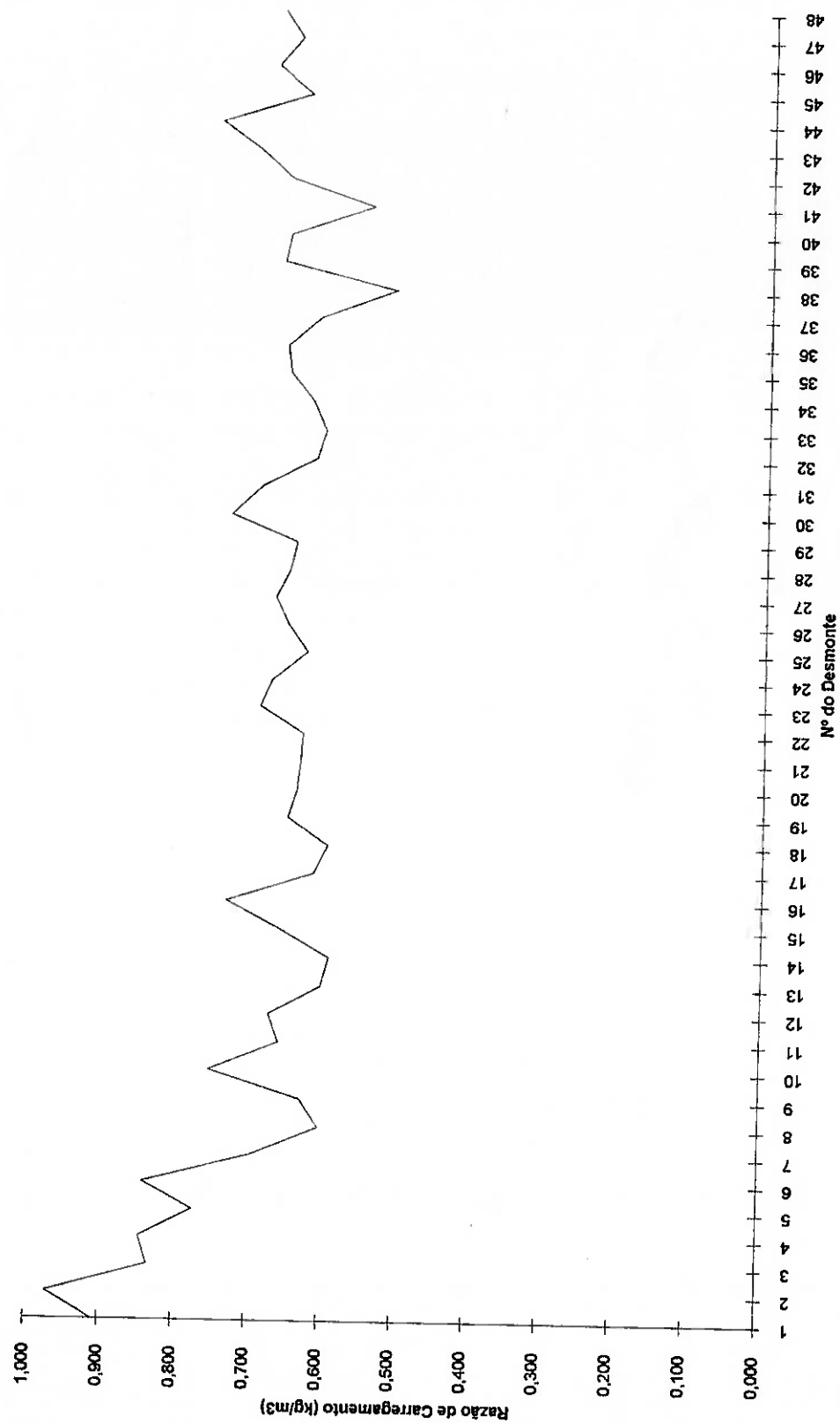


Gráfico 4.1.2. Variação da Razão de Carregamento Linear na fase 1.

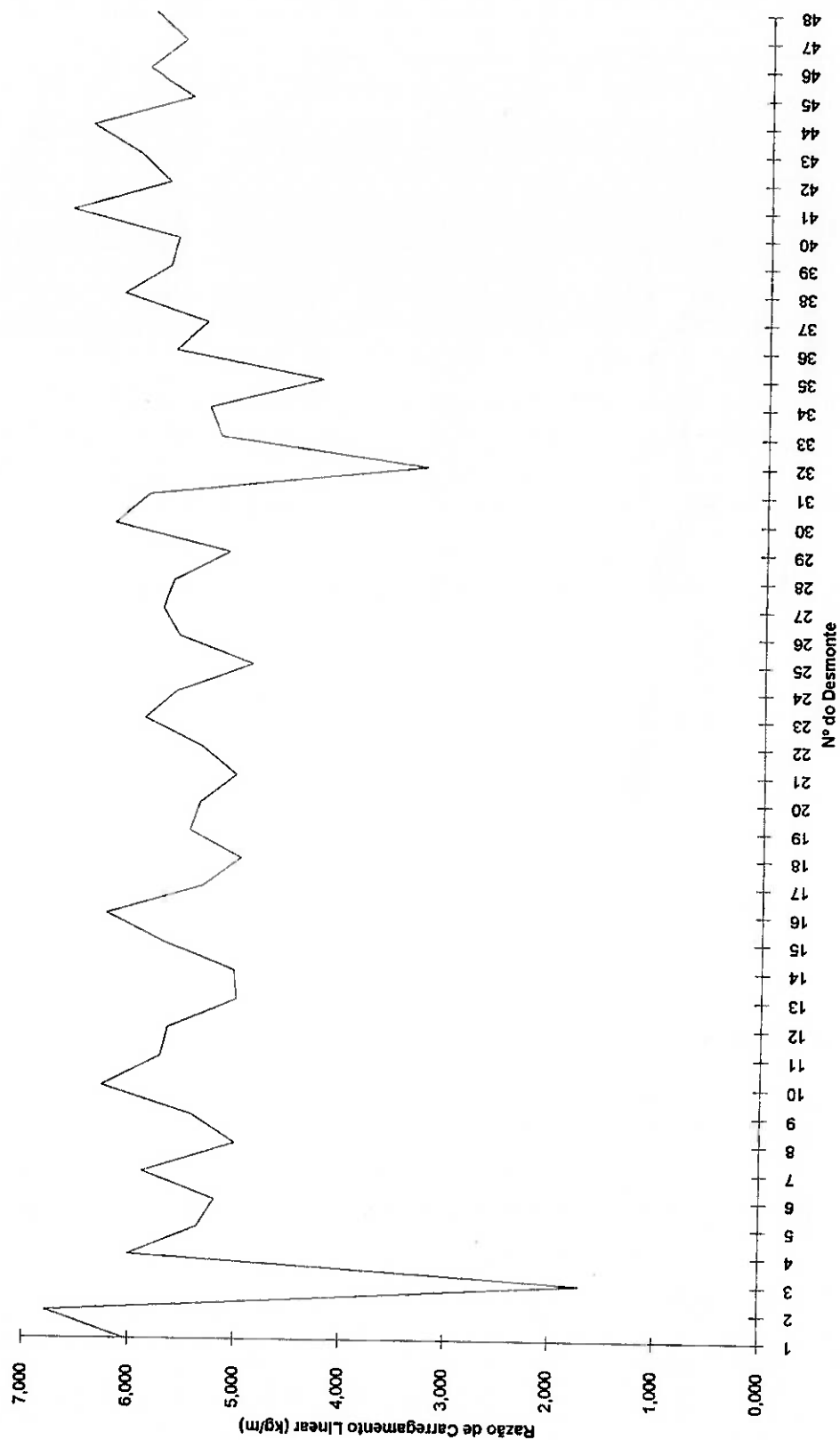


Gráfico 4.1.3. Volume de Rocha Desmontada "In situ" por metro de perfuração na fase 1.

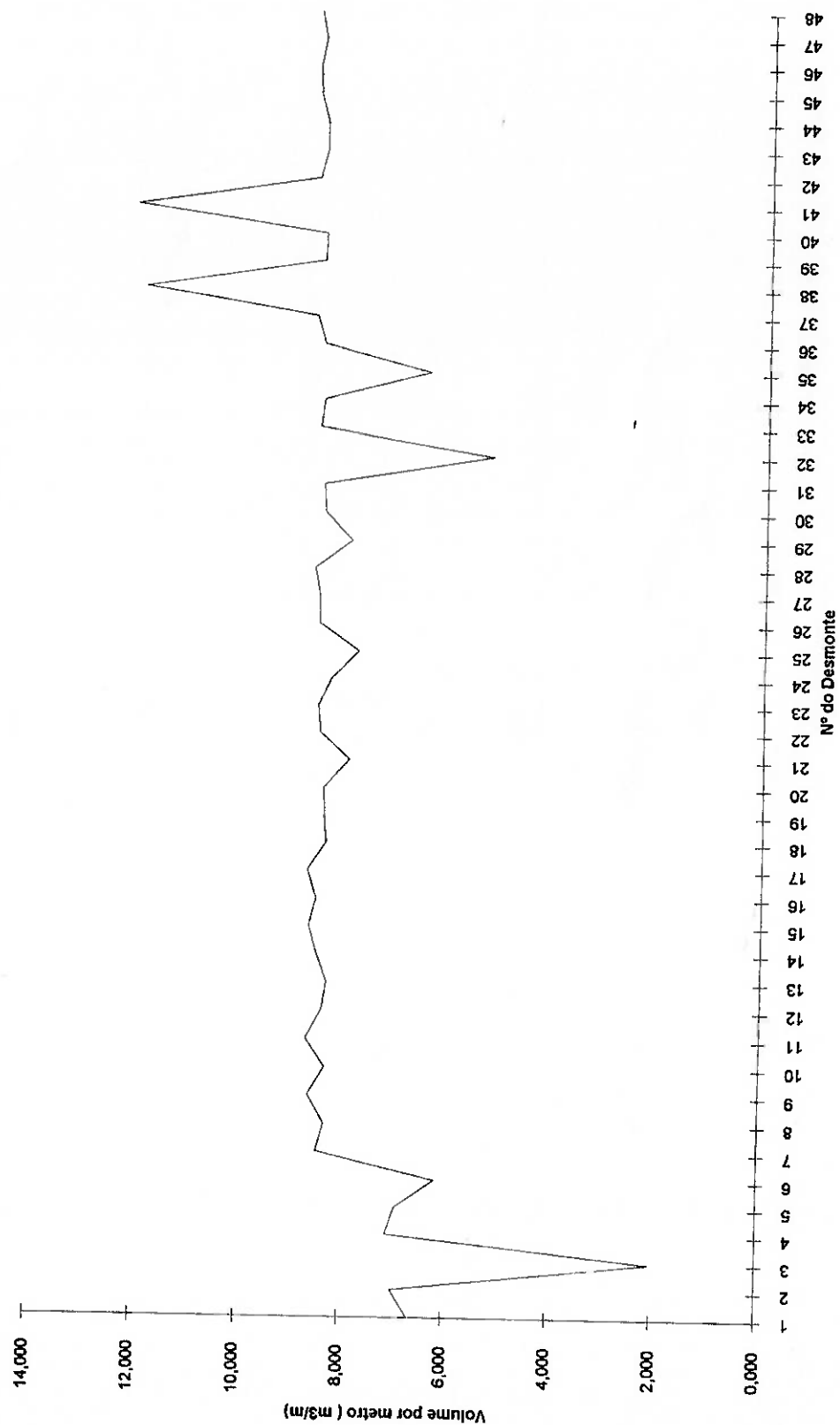
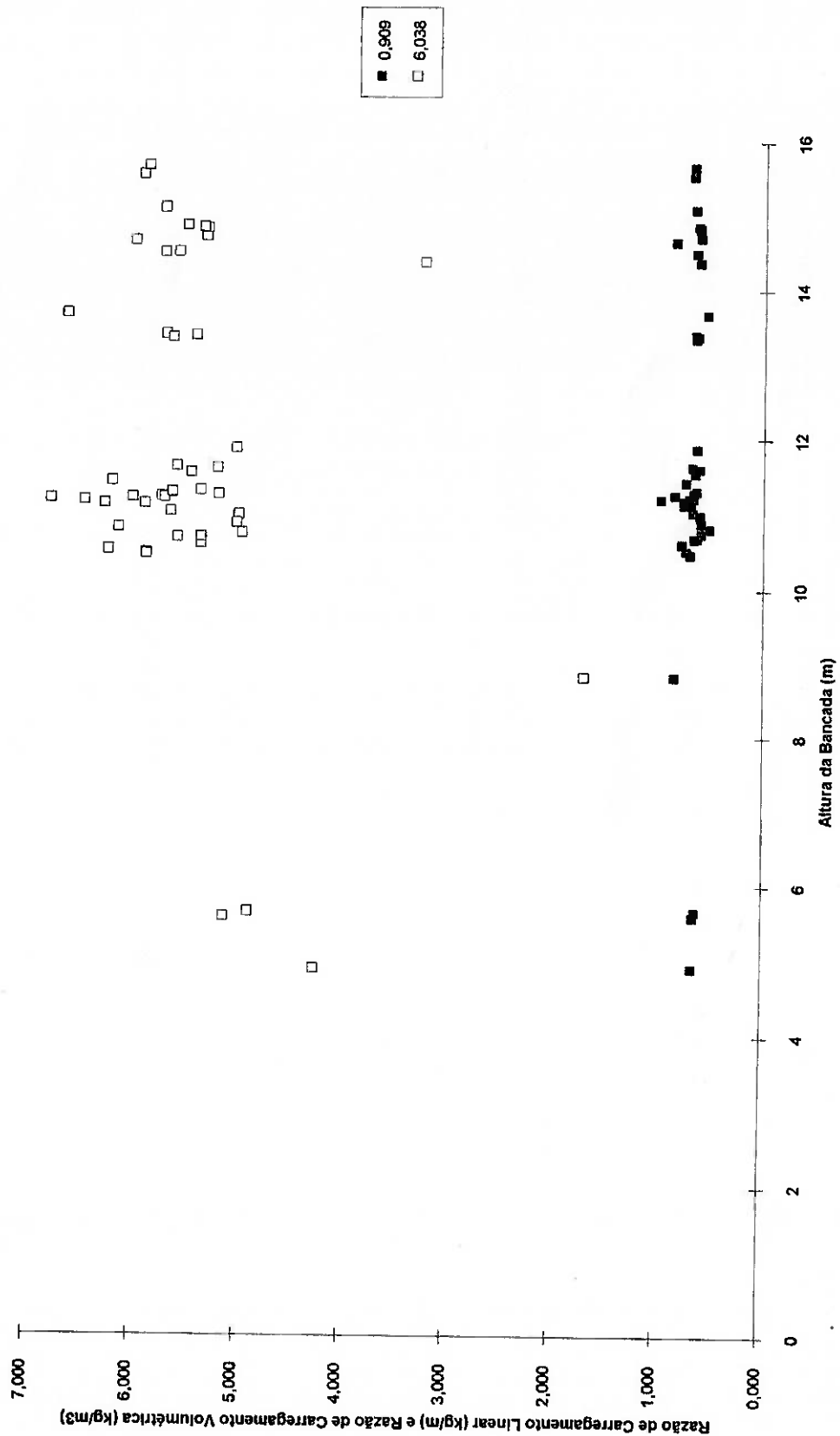


Gráfico 4.1.4. Distribuição das Razões de Carregamento Linear e Volumétrica em função da altura da bancada na fase 1.



Tabelas 4.1.b e c. Desmontes realizados na fase 1 para as frentes 874 e 910

FASE 1 : FRENTE 1 - COTA 874

mês/ano	Nº fogo	cota	afastamento	espacamento	Nº de furos	profundidade	sub-furação	Inclinação	tampão	profº/tampão	total explosivo	volume de rocha in situ	razão carregamento	razão carreg. linear	Furação Total	Volume por metro
jun/93	25	874	2,1	4,5	19	5,66	0,7	20	pó	1,5	525	837	0,627	4,882	107,5	7,783
jul/93	29	874	2,1	4,5	39	5,59	0,7	15	pó	1,5	1115	1732	0,644	5,114	218,0	7,945
jul/93	32	874	2,1	4,5	29	14,38	0,7	24	pó	2	1350	2181	0,619	3,237	417,0	5,230
jul/93	34	874	2,1	4,5	41	14,83	0,7	21/19/17	pó	1,8	3235	5176	0,625	5,370	608,0	8,513
ago/93	35	874	3,6	1,8	12	4,9		90	pó	1	250	381	0,656	4,252	58,8	6,480
ago/93	37	874	2,1	4,5	41	14,85	0,7	16/15	pó	1,8	3260	5288	0,618	5,354	608,9	8,685
set/93	42	874	2,1	4,5	47	15,1	0,7	15	pó	1,8	4060	6154	0,660	5,721	709,7	8,671
out/93	45	874	2,1	4,5	53	14,87	0,7	15	pó	1,8	4345	6847	0,635	5,513	788,1	8,688
out/93	47	874	2,1	4,5	45	14,51	0,7	15	pó	1,8	3650	5622	0,649	5,590	653,0	8,610

FASE 1 : FRENTE 2 - COTA 910

mês/ano	Nº fogo	cota	afastamento	espacamento	Nº de furos	profundidade	sub-furação	Inclinação	tampão	profº/tampão	total explosivo	volume de rocha in situ	razão carregamento	razão carreg. linear	Furação Total	Volume por metro
jan/93	1	910	1,93	4	85	11,37	0,7	25	pedrisco	1	5835	6418	0,909	6,038	966,5	6,641
mar/93	13	910	2,1	4,5	80	11	0,7	15º30'	pedrisco	1	4400	7312	0,602	5,000	880,0	8,309
abr/93	16	910	2,1	4,5	32	10,53	0,7	15	pedrisco	1	2100	2871	0,731	6,232	337,0	8,520
mai/93	18	910	2,1	4,5	41	10,75	0,7	19	pedrisco	1	2190	3681	0,595	4,969	440,8	8,352
mai/93	19	910	2,1	4,5	39	11,56	0,7	19	pedrisco	1	2460	3784	0,650	5,456	450,8	8,393
jun/93	22	910	2,1	4,5	62	10,7	0,7	16	pedrisco	1	3555	5632	0,631	5,359	663,4	8,490
jun/93	26	910	2,1	4,5	56	10,69	0,7	15	pó	1,5	3340	5107	0,654	5,579	598,6	8,531
ago/93	38	910	2,7	5	45	10,82	0,9	15	pó	1,3	2990	5819	0,514	6,141	486,9	11,951

Gráfico 4.1.5. Variação da Razão de Carregamento ao longo da fase 1 para a frente 1 - cota 874

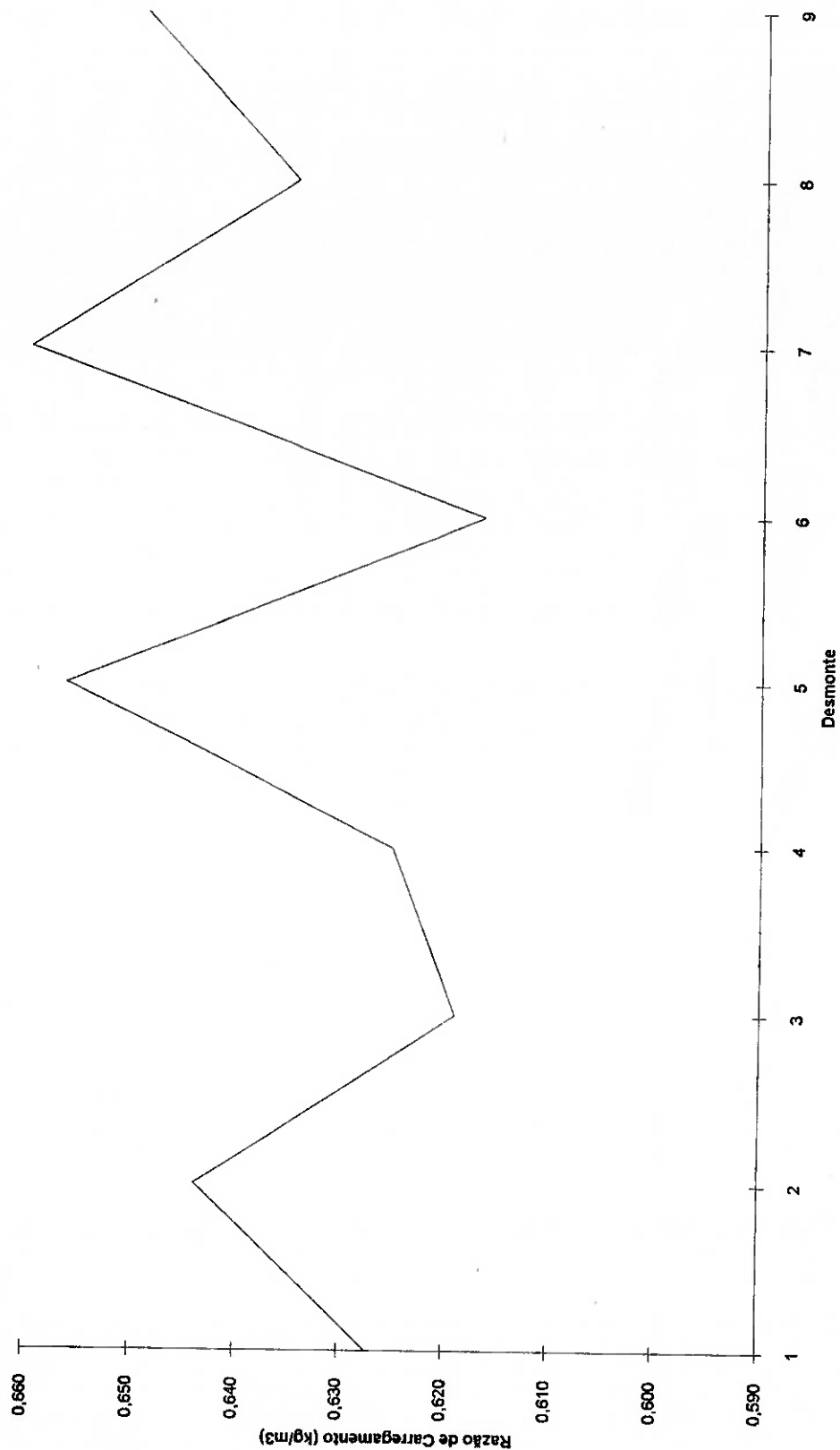


Gráfico 4.1.8. Variação da Razão de Carregamento Linear na fase 1 para a frente 1 - cota 874

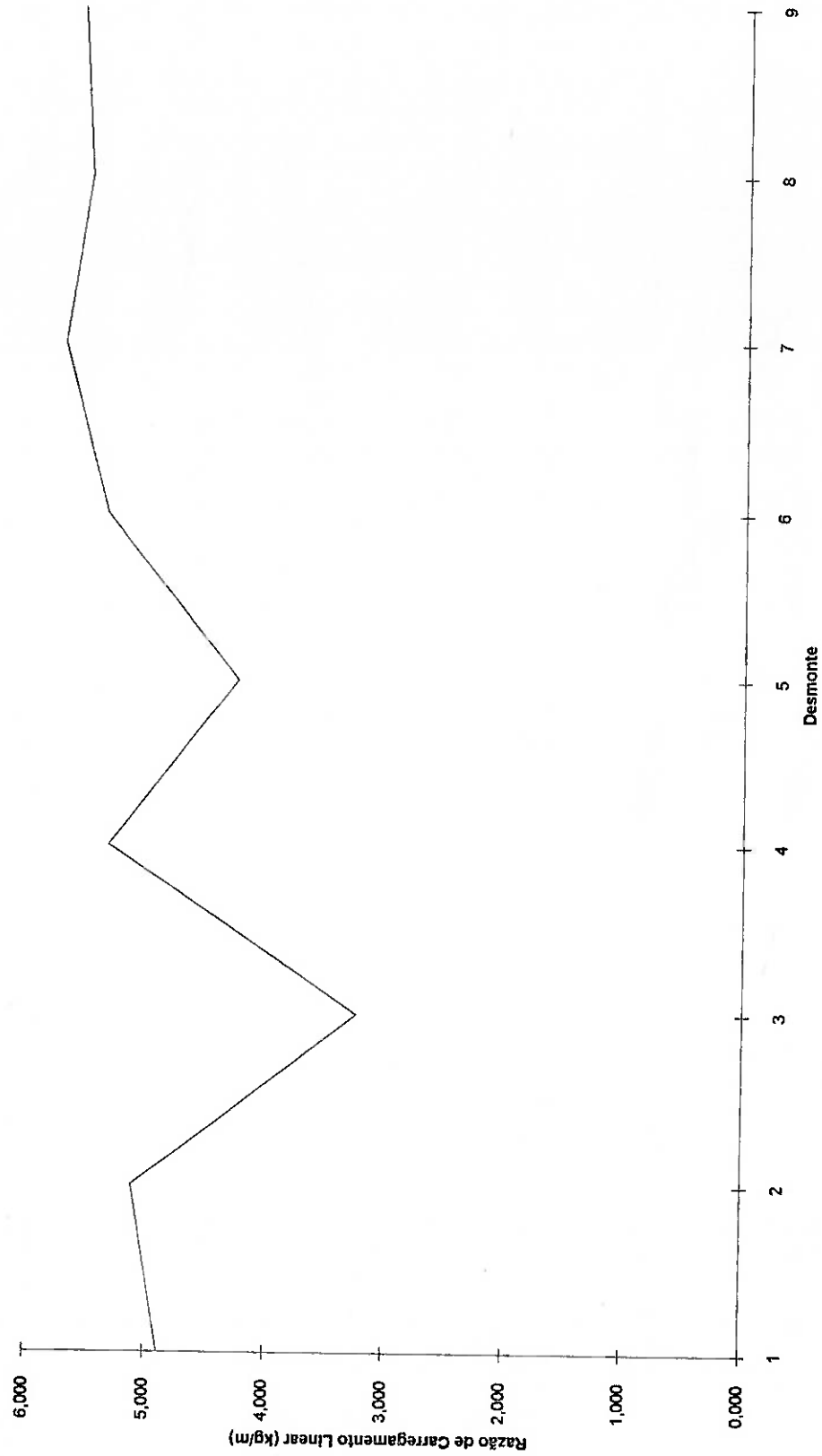


Gráfico 4.1.7. Volume de Rocha desmontada "in situ" por metro de perfuração na fase 1 para a frente 1 - cota 874

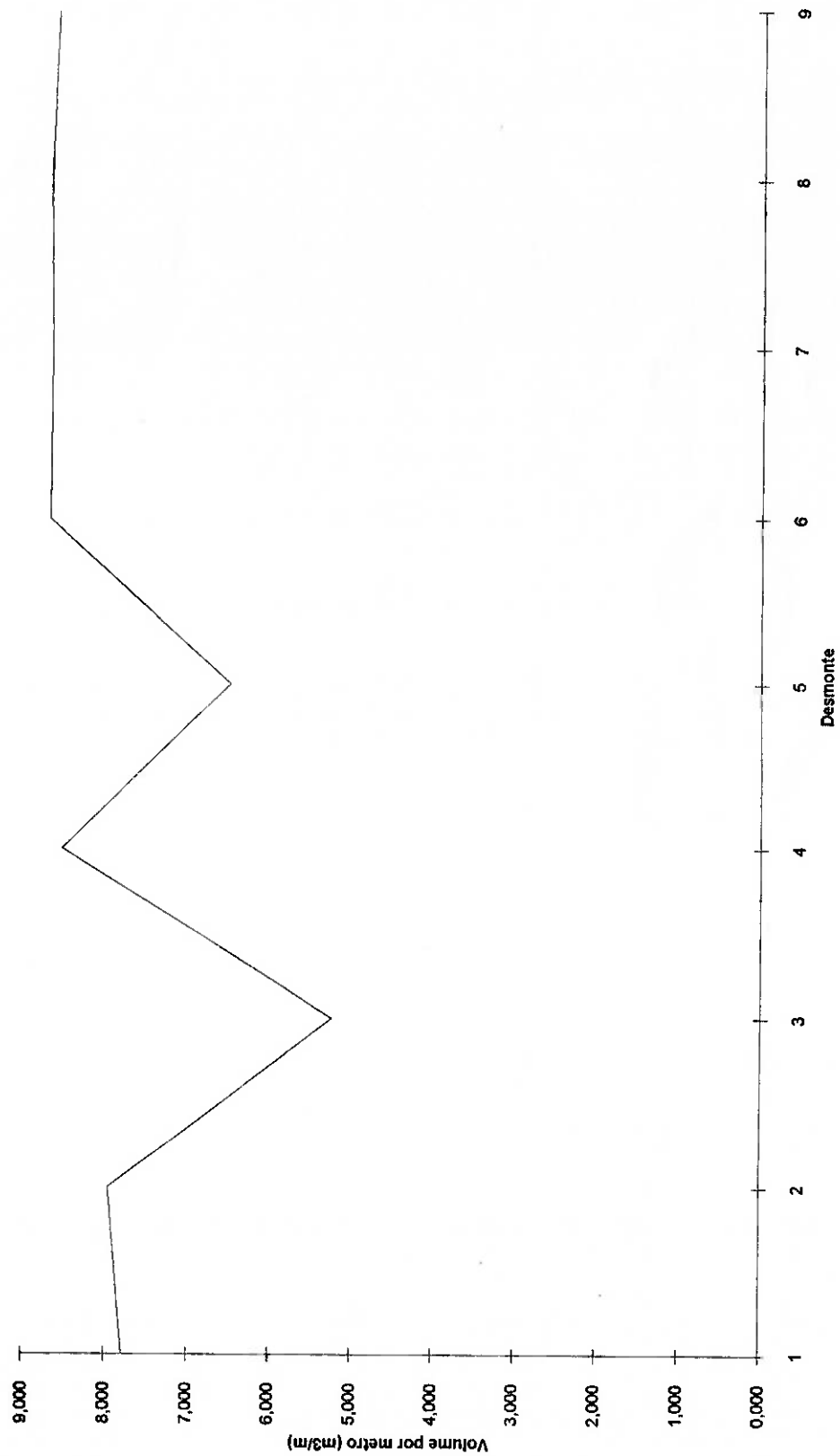


Gráfico 4.1.8. Variação da Razão de Carregamento na fase 1 para a frente 2 - cota 910

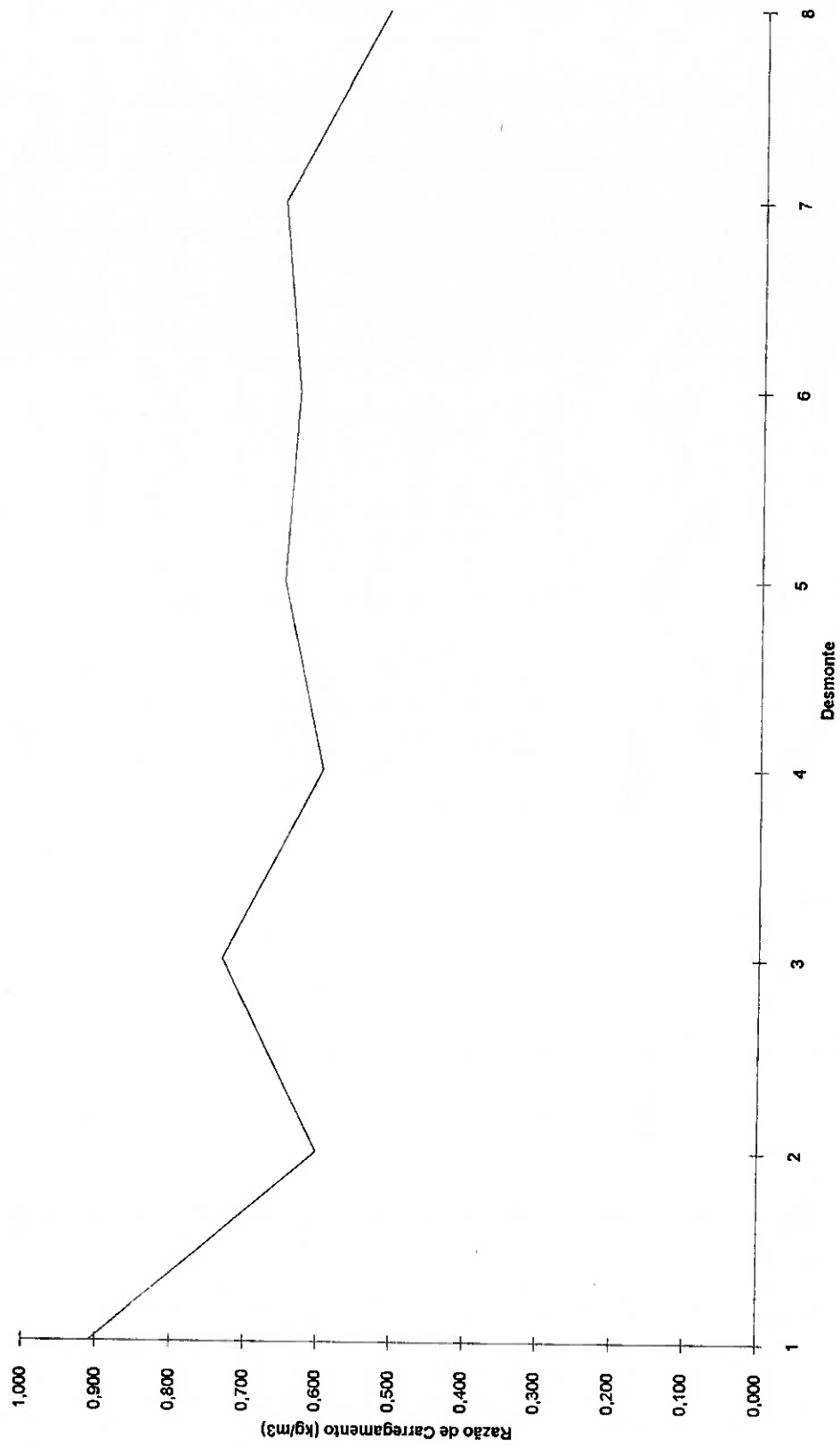


Gráfico 4.1.9. Variação da razão de Carregamento Linear na fase 1 para a frente 2 - cota 910

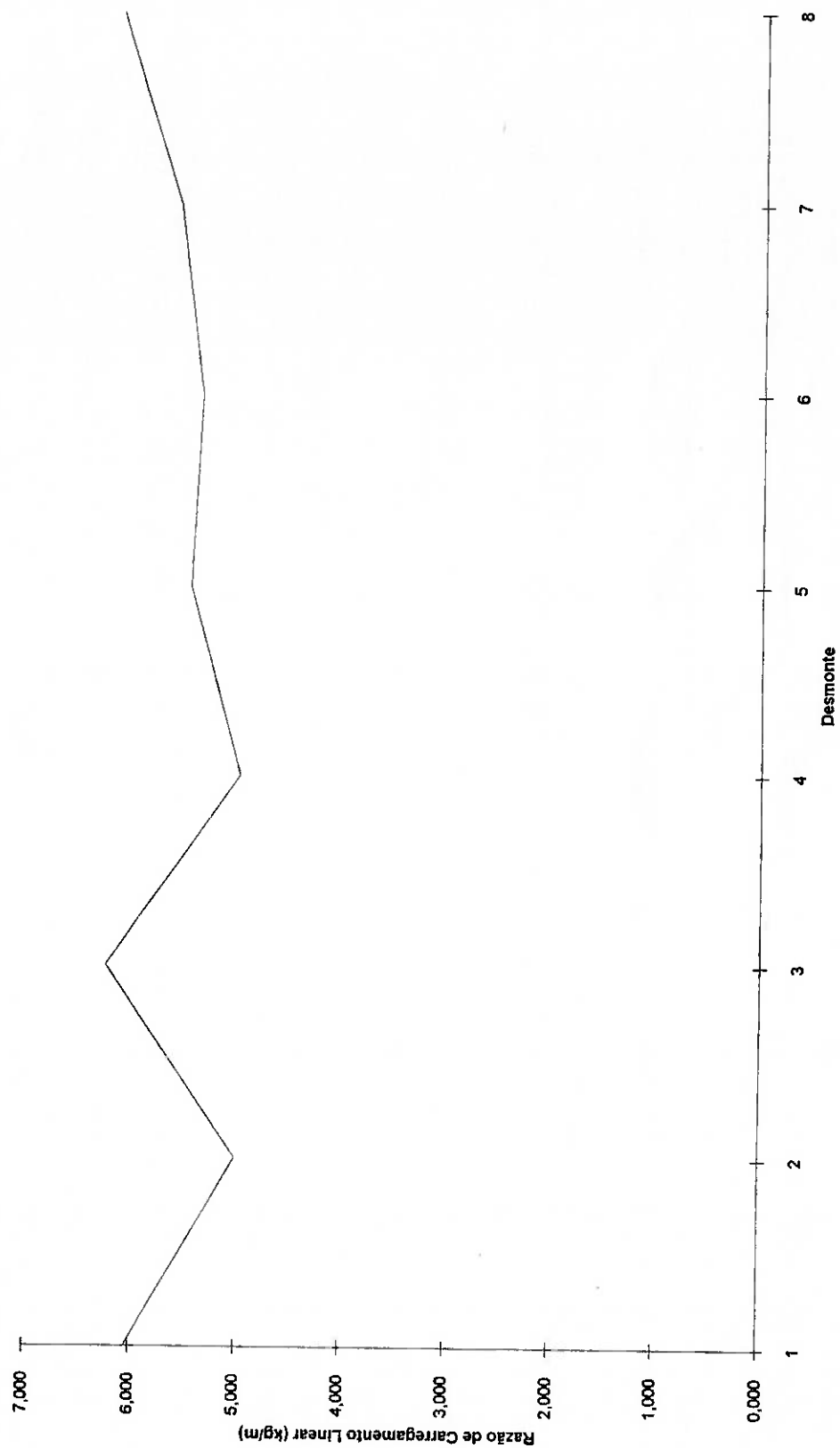


Gráfico 4.1.10. Volume de Rocha Desmontada "in situ" por metro de perfuração na fase 1 para a frente 2 - cota 910

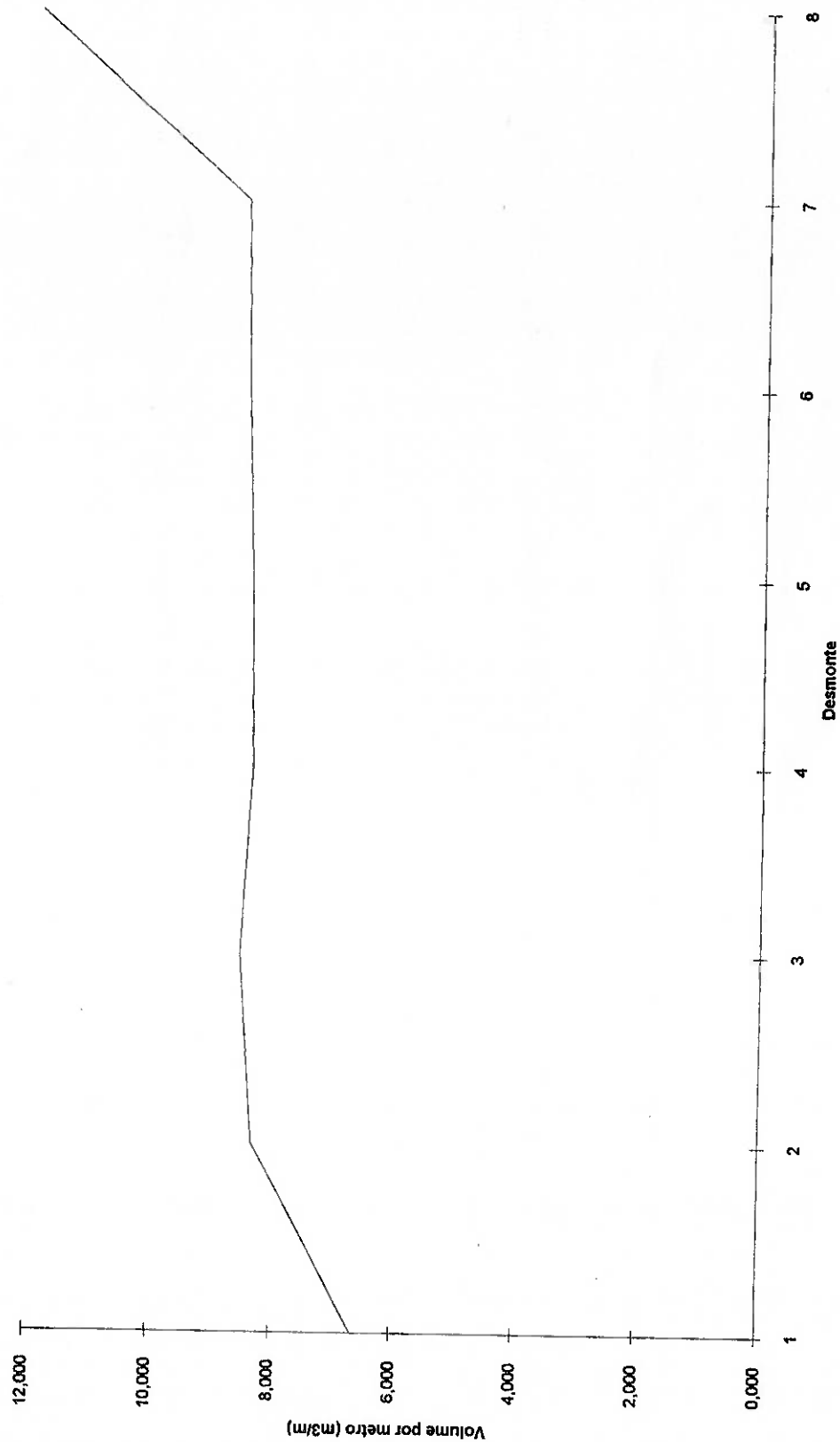


Tabela 4.2.a. Desmontes realizados na fase 2.

mes/ano	Nº logo	cota	afastamento (m)	espacamento (m)	Nº de furos	profundidade (m)	sub-furação (m)	Inclinação (grau)	tampão	prof.tampão (m)	total (kg) explosivo	volume de rocha In situ (m³)	razão de carregamento	razão carreg. linear	Furação Total	Volume por metro
nov/93	49	930	2,7	5	61	11,38	0,9	15	p1	1,5	4030	8317	0,485	5,805	694,2	11,981
nov/93	50	900	2,7	5	41	11,18	0,9	15	p1	1,5	2170	5485	0,505	6,043	458,4	11,966
nov/93	51	920	2,7	5	41	10,31	0,9	15	p6	1,5	2480	5020	0,494	5,867	422,7	11,876
nov/93	52	874	2,7	5	30	14,88	0,9	15	p1	1,5	2629	5468	0,481	5,889	446,4	12,249
dez/93	53	930	2,7	5	64	11,65	0,9	15	p6	1,5	4300	8951	0,480	5,767	745,6	12,005
dez/93	54	874	2,7	5	13	15,76	0,9	15	p6	2	1390	2513	0,553	6,784	204,9	12,266
dez/93	55	888	2,7	5	30	13,5	0,9	15	p1	1,5	2650	4920	0,539	6,543	405,0	12,148
dez/93	56	874	2,7	5	38	14,88	0,9	15	p1	1,5	3606,5	6910	0,522	6,378	565,4	12,221
dez/93	57	910	2,7	5	36	11,04	0,9	15	p6	1,5	2250	4743	0,474	5,661	397,4	11,934
dez/93	58	888	2,4	4	20	8,85	0,9	15	p6	1,5	1065	1469	0,725	6,017	177,0	8,259
jan/94	1	874	2,7	5	35	15,66	0,9	15	p6	1,5	3840	6719	0,572	7,006	548,1	12,259
jan/94	2	920	2,7	5	67	10,38	0,9	15	p6	1,5	4470	8249	0,542	6,427	695,5	11,861
jan/94	3	930	2,7	5	19	11,6	0,9	15	p6	1,5	1500	2642	0,568	6,806	220,4	11,987
jan/94	4	874	2,7	5	21	15,86	0,9	15	pedrisco	1,5 e 1,7	2230	4088	0,545	6,695	333,1	12,274
fev/94	5	888	2,7	5	39	14,78	0,9	15	pedrisco	1,5	3670	7039	0,521	6,367	576,4	12,212
fev/94	6	874	2,7	5	45	15,73	0,9	15	pedrisco	1,5	4840	8687	0,557	6,838	707,9	12,272
fev/94	7	874	2,7	5	50	15,6	0,8	15	pedrisco	1,5	5060	9630	0,506	6,437	780,0	12,346
mar/94	8	920	2,7	5	60	10,8	0,9	15	pedrisco	1,5	3910	7722	0,540	6,485	362,4	11,917
mar/94	9	930	2,7	5	31	11,69	0,9	15	p6	1,5	2350	4348	0,540	6,485	362,4	11,998
mar/94	10	874	2,7	5	15	15,77	0,9	15	p6	1,5	1360	2902	0,469	5,749	236,6	12,268
mar/94	11	874	2,7	5	12	12,82	0,9	15	p6	1,5	890	1861	0,478	5,785	153,8	12,097
mar/94	12	888	2,7	5	24	12,12	0,9	15	p6	1,5	2040	3927	0,519	7,013	290,9	13,500
abr/94	13	874	2,5	4,5	13	9,39	0,9	15	p6	1,8	684	1195	0,572	5,603	122,1	9,789
abr/94	14	874	2,7	5	17	15,7	0,8	15	p6	1,5	1659	3295	0,503	6,216	266,9	12,345
abr/94	15	888	2,7	5	29	13,64	0,9	15	p6	1,5	2430	4804	0,506	6,143	395,6	12,145
abr/94	16	888	2,5	4,5	20	5,49	0,9	15	p6	1,5	563	990	0,569	5,128	109,8	9,016
abr/94	17	874	2,7	5	55	15,75	0,9	15	p6	1,5	5430	10633	0,511	6,268	866,3	12,275
abr/94	18	920	2,7	5	21	11,47	0,9	15	p6	1,5	1730	2886	0,599	7,182	240,9	11,982
abr/94	19	874	2,5	4,5	14	6,32	0,9	15	p6	2	509	819	0,621	5,753	88,5	9,256
abr/94	20	874	2,5	4,5	20	10,61	0,9	15	p6	1,5	1301	2104	0,618	6,131	212,2	9,915
abr/94	21	874	2,7	5	29	15,68	0,8	15	p6	1,5	3000	5614	0,534	6,597	454,7	12,346
abr/94	22	920	2,7	5	46	10,64	0,9	15	p6	1,5	3250	5818	0,559	6,640	489,4	11,887
abr/94	23	874	2,7	5	49	14,36	0,9	15	p10	1,5	4960	9171	0,541	7,049	703,6	13,034
abr/94	24	874	2,5	4,5	14	9,39	0,9	15	p6	1,8	756	1287	0,587	5,751	131,5	9,780
abr/94	25	874	2,7	5	29	15,82	0,9	15	p1	1,5	3050	5645	0,540	6,648	458,8	12,304
abr/94	26	874	2,7	5	38	16,9	0,9	15	p1	1,5	3322	7007	0,474	5,173	642,2	10,911
abr/94	27	920	2,7	5	48	11,47	0,9	15	p6	1,5	3330	6697	0,505	6,048	550,6	11,982
abr/94	28	874	2,7	5	40	15,36	0,9	15	p1	1,5	3650	7700	0,474	5,941	614,4	12,533
abr/94	29	874	2,7	5	32	15,79	0,9	15	p1	1,5	3130	6199	0,505	6,195	505,3	12,268
abr/94	30	874	2,7	5	41	15,65	0,9	15	p1	1,5	3680	7868	0,468	5,735	641,7	12,262
abr/94	31	920	2,7	5	27	11,29	0,9	15	p6	1,5	1700	3645	0,466	5,577	304,8	11,957
abr/94	32	874	2,7	5	41	15,65	0,9	15	p1	1,5	3640	7871	0,462	5,673	641,7	12,267
abr/94	33	910	2,7	5	19	10,95	0,9	15	p1	1,5	1000	2483	0,403	4,807	208,1	11,935
abr/94	34	874	2,7	5	41	15,86	0,9	15	p1	1,8	3860	7985	0,483	5,936	650,3	12,280
abr/94	35	920	2,7	5	15	11	0,9	15	p6	1,5	860	1970	0,437	5,212	165,0	11,939

Gráfico 4.2.1. Variação da Razão de Carregamento ao longo da fase 2.

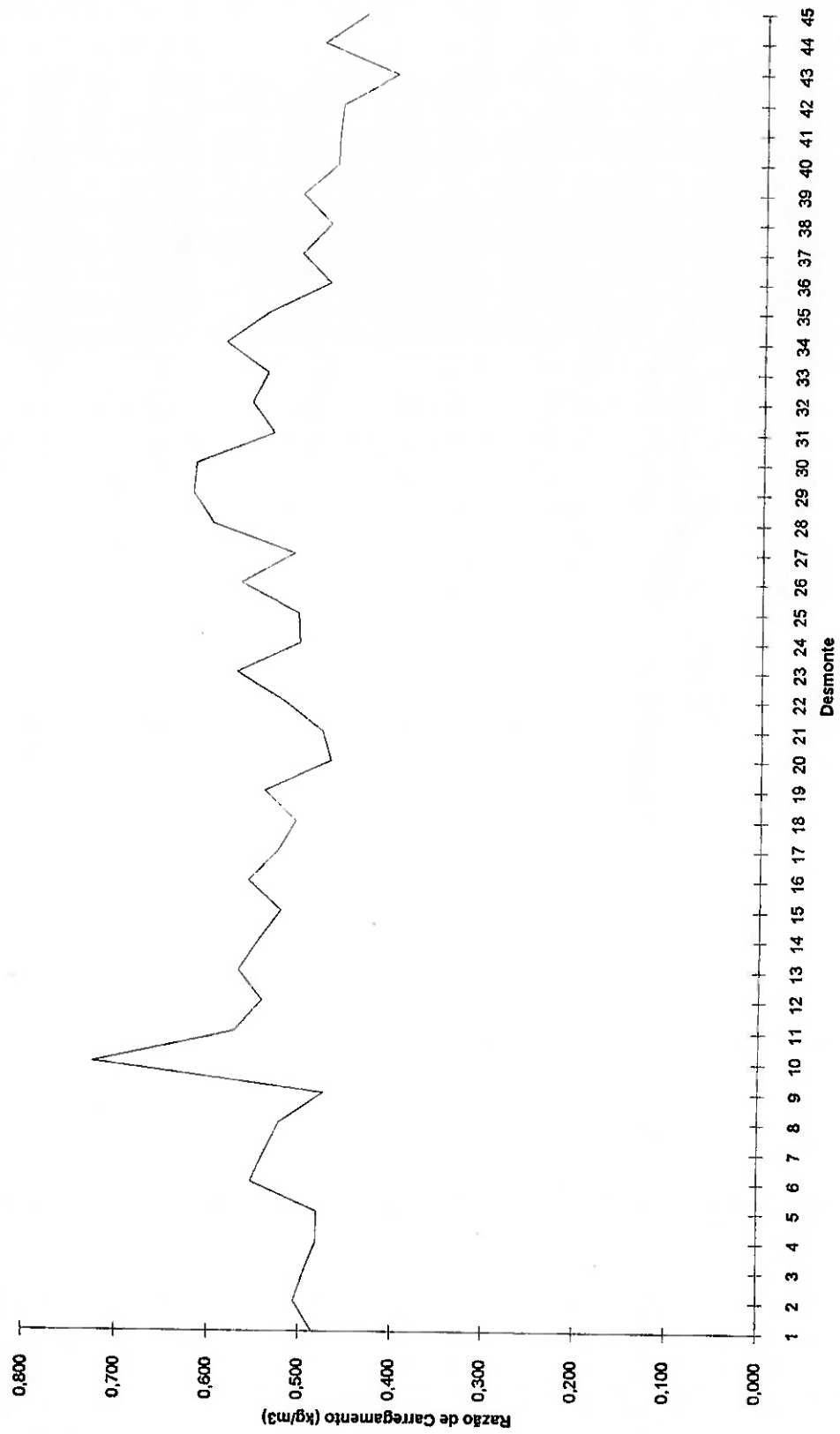


Gráfico 4.2.2. Variação da Razão de Carregamento Linear na fase 2.

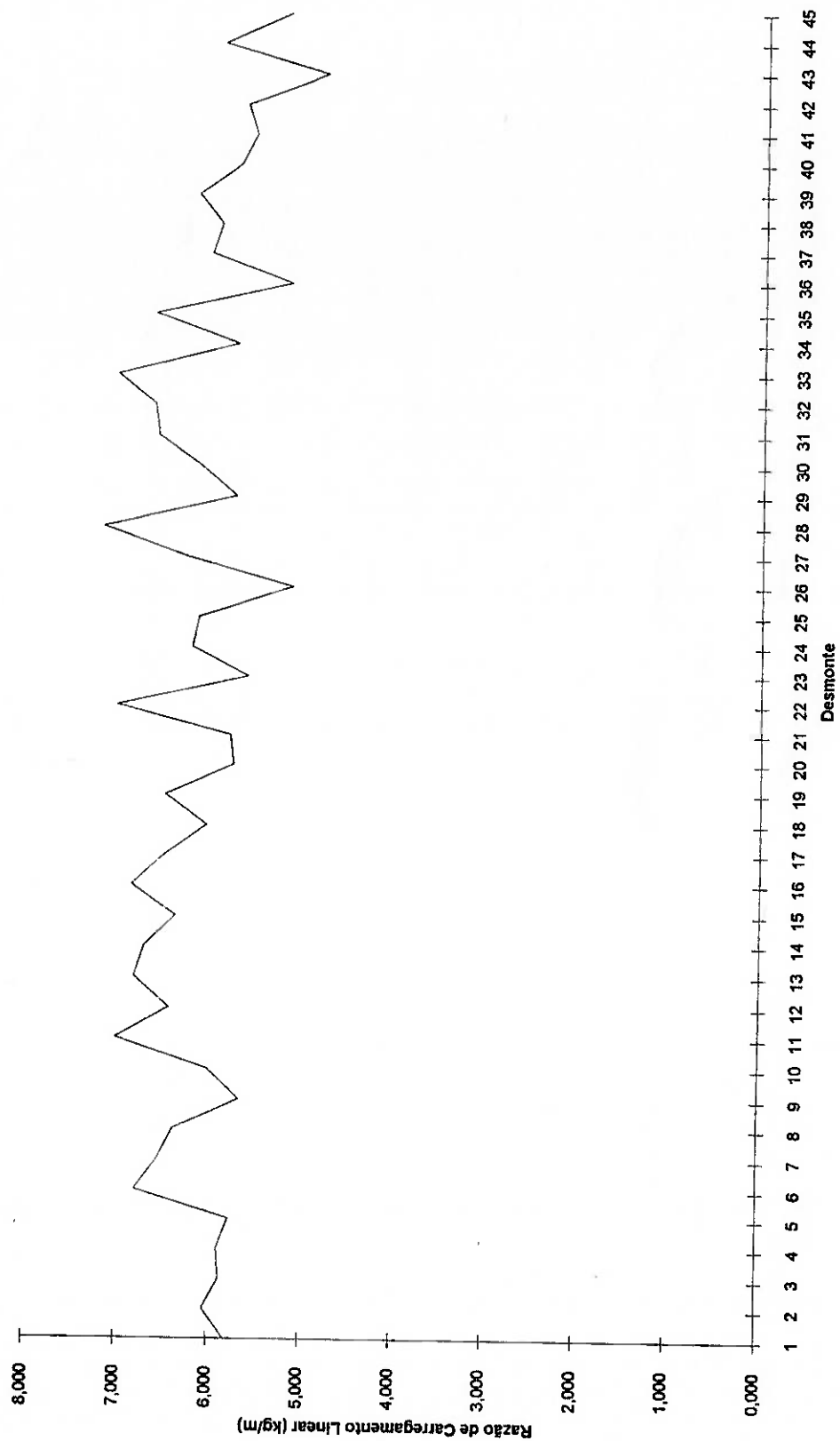


Gráfico 4.2.4. Variação das Razões de Carregamento Volumétrica e Linear em função da altura da bancada para a fase 2.

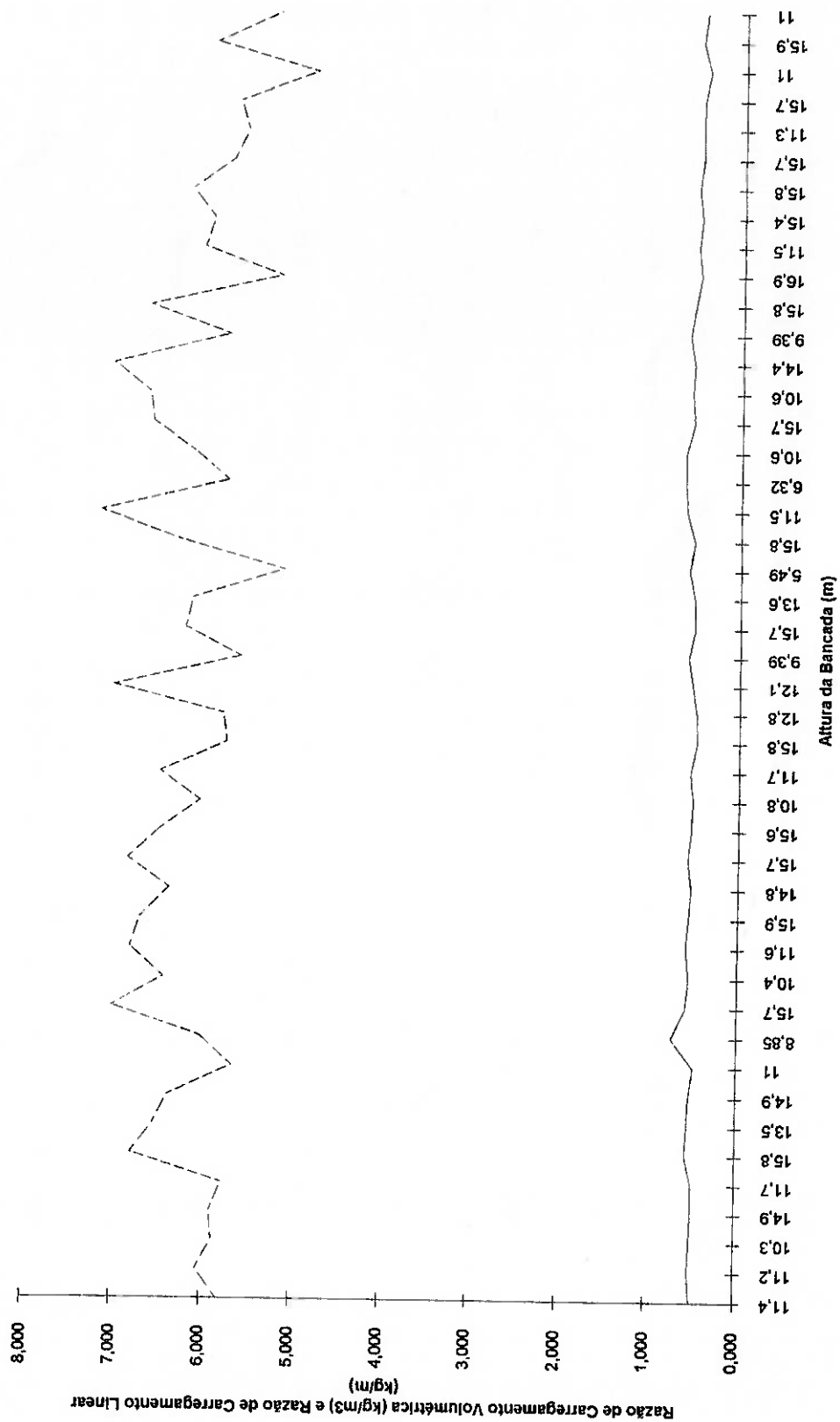
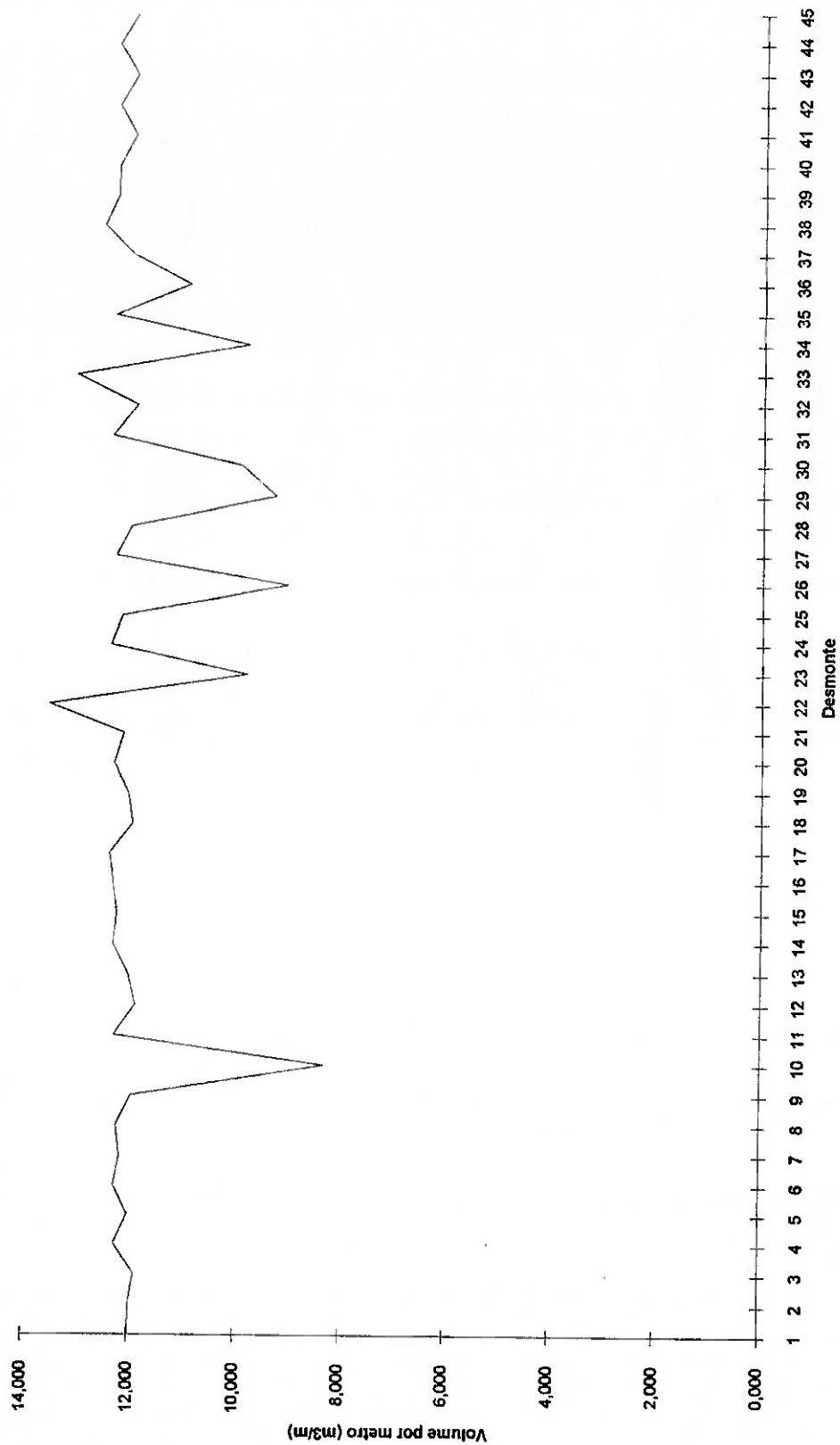


Gráfico 4.2.3. Volume de Rocha desmontada por metro de perfuração na fase 2.



Tabelas 4.2.b. e. c. Desmontes realizados na fase 2 para as frentes 874 e 910.

FASE 2 : FRENTE 1 - COTA 874

mês/ano	Nº fogo	cota	afastamento (m)	espacamento (m)	Nº de furos	profundidade (m)	sub-furação (m)	inclinação (graus)	tampão	prof.tampão (m)	total (kg)	volume de rocha in situ (m³)	razão de carregamento	razão carreg. linear	Furação Total	Volume por metro
nov/93	52	874	2,7	5	30	14,88	0,9	15	p1	1,5	2629	5468	0,481	5,889	446,4	12,249
dez/93	54	874	2,7	5	13	15,76	0,9	15	p0	2	1390	2513	0,553	6,784	204,9	12,266
dez/93	56	874	2,7	5	38	14,88	0,9	15	p1	1,5	3606,5	6910	0,522	6,378	565,4	12,221
jan/94	1	874	2,7	5	35	15,66	0,9	15	p0	1,5	3840	6719	0,572	7,006	548,1	12,259
jan/94	4	874	2,7	5	21	15,86	0,9	15	pedrisco	1,5 e 1,7	2230	4088	0,545	6,695	333,1	12,274
fev/94	6	874	2,7	5	45	15,73	0,9	15	pedrisco	1,5	4840	8687	0,557	6,838	707,9	12,272
fev/94	7	874	2,7	5	50	15,6	0,8	15	pedrisco	1,5	5060	9630	0,525	6,487	780,0	12,346
mar/94	10	874	2,7	5	15	15,77	0,9	15	p0	1,5	1360	2902	0,469	5,749	236,6	12,268
mar/94	11	874	2,7	5	12	12,82	0,9	15	p0	1,5	890	1861	0,478	5,785	153,8	12,097
abr/94	13	874	2,5	4,5	13	9,39	0,9	15	p0	1,8	684	1195	0,572	5,603	122,1	9,789
abr/94	14	874	2,7	5	17	15,7	0,8	15	p0	1,5	1659	3295	0,503	6,216	266,9	12,345
abr/94	17	874	2,7	5	55	15,75	0,9	15	p0	1,5	1630	10633	0,511	6,268	866,3	12,275
mai/94	19	874	2,5	4,5	14	6,32	0,9	15	p0	2	509	819	0,621	5,753	88,5	9,256
mai/94	20	874	2,5	4,5	20	10,81	0,9	15	p0	1,5	1301	2104	0,618	6,131	212,2	9,915
mai/94	21	874	2,7	5	29	15,68	0,8	15	p0	1,5	3000	5614	0,534	6,597	454,7	12,346
mai/94	23	874	2,7	5	49	14,36	0,9	15	p0	1,5	4960	9171	0,541	7,049	703,6	13,034
jun/94	24	874	2,5	4,5	14	9,39	0,9	15	p0	1,8	756	1287	0,587	5,751	131,5	9,790
jun/94	25	874	2,7	5	29	15,82	0,9	15	p1	1,5	3050	5645	0,540	6,648	458,8	12,304
jun/94	26	874	2,7	5	38	16,9	0,9	15	p1	1,5	3322	7007	0,474	5,173	642,2	10,911
jul/94	28	874	2,7	5	40	15,36	0,9	15	p1	1,5	3650	7700	0,474	5,941	614,4	12,533
jul/94	29	874	2,7	5	32	15,79	0,9	15	p1	1,5	3130	6199	0,505	6,195	505,3	12,268
ago/94	30	874	2,7	5	41	15,65	0,9	15	p1	1,5	3680	7868	0,468	5,735	641,7	12,262
ago/94	32	874	2,7	5	41	15,65	0,9	15	p1	1,5	3640	7871	0,462	5,673	641,7	12,267
ago/94	34	874	2,7	5	41	15,86	0,9	15	p1	1,8	3860	7885	0,483	5,936	650,3	12,280

FASE 2 : FRENTE 2 - COTA 910/920

mês/ano	Nº fogo	cota	afastamento (m)	espacamento (m)	Nº de furos	profundidade (m)	sub-furação (m)	inclinação (graus)	tampão	prof.tampão (m)	total (kg)	volume de rocha in situ (m³)	razão de carregamento	razão carreg. linear	Furação Total	Volume por metro
nov/93	51	920	2,7	5	41	10,31	0,9	15	p0	1,5	2480	5020	0,494	5,867	422,7	11,876
dez/93	57	910	2,7	5	36	11,04	0,9	15	p0	1,5	2250	4743	0,474	5,661	397,4	11,934
jan/94	2	920	2,7	5	67	10,38	0,9	15	p0	1,5	4470	8249	0,542	6,427	695,5	11,861
jan/94	3	930	2,7	5	19	11,6	0,9	15	p0	1,5	1500	2642	0,568	6,806	220,4	11,987
mar/94	8	920	2,7	5	60	10,8	0,9	15	pedrisco	1,5	3910	7722	0,506	6,034	648,0	11,917
mai/94	18	920	2,7	5	21	11,47	0,9	15	p0	1,5	1730	2886	0,599	7,182	240,9	11,982
mai/94	22	920	2,7	5	46	10,64	0,9	15	p0	1,5	3250	5818	0,559	6,840	489,4	11,887
jun/94	27	920	2,7	5	48	11,47	0,9	15	p0	1,5	3330	6597	0,505	6,048	550,6	11,982
jun/94	31	920	2,7	5	27	11,29	0,9	15	p0	1,5	1700	3645	0,466	5,577	304,8	11,957
ago/94	33	910	2,7	5	19	10,95	0,9	15	p1	1,5	1000	2483	0,403	4,807	208,1	11,935
ago/94	35	920	2,7	5	15	11	0,9	15	p0	1,5	860	1970	0,437	5,212	165,0	11,939

Gráfico 4.2.5. Variação da Razão de Carregamento na fase 2 para a frente 1 - cota 874

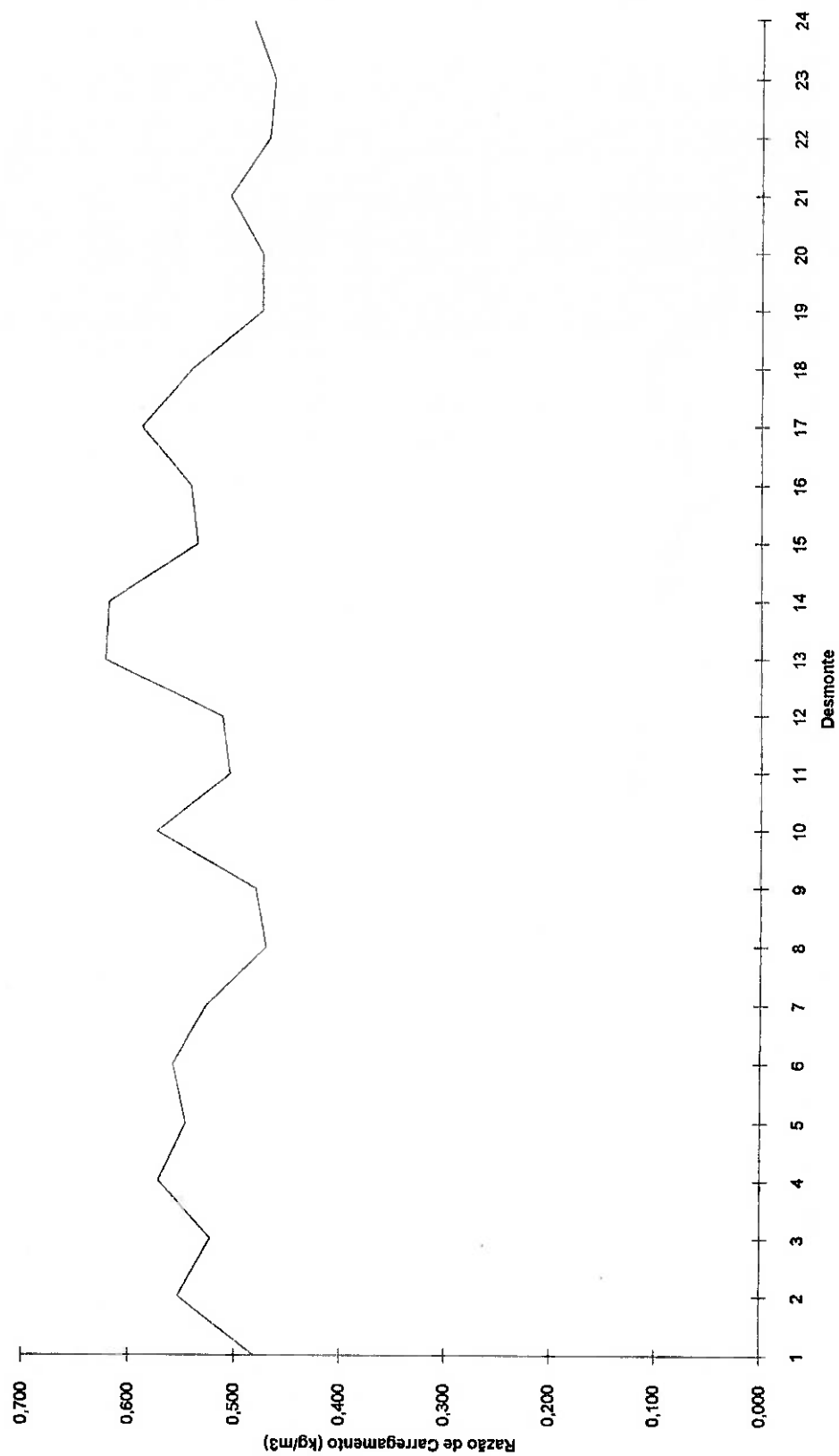


Gráfico 4.2.6. Variação da Razão de Carregamento Linear na fase 2 para a frente 1 - cota 874

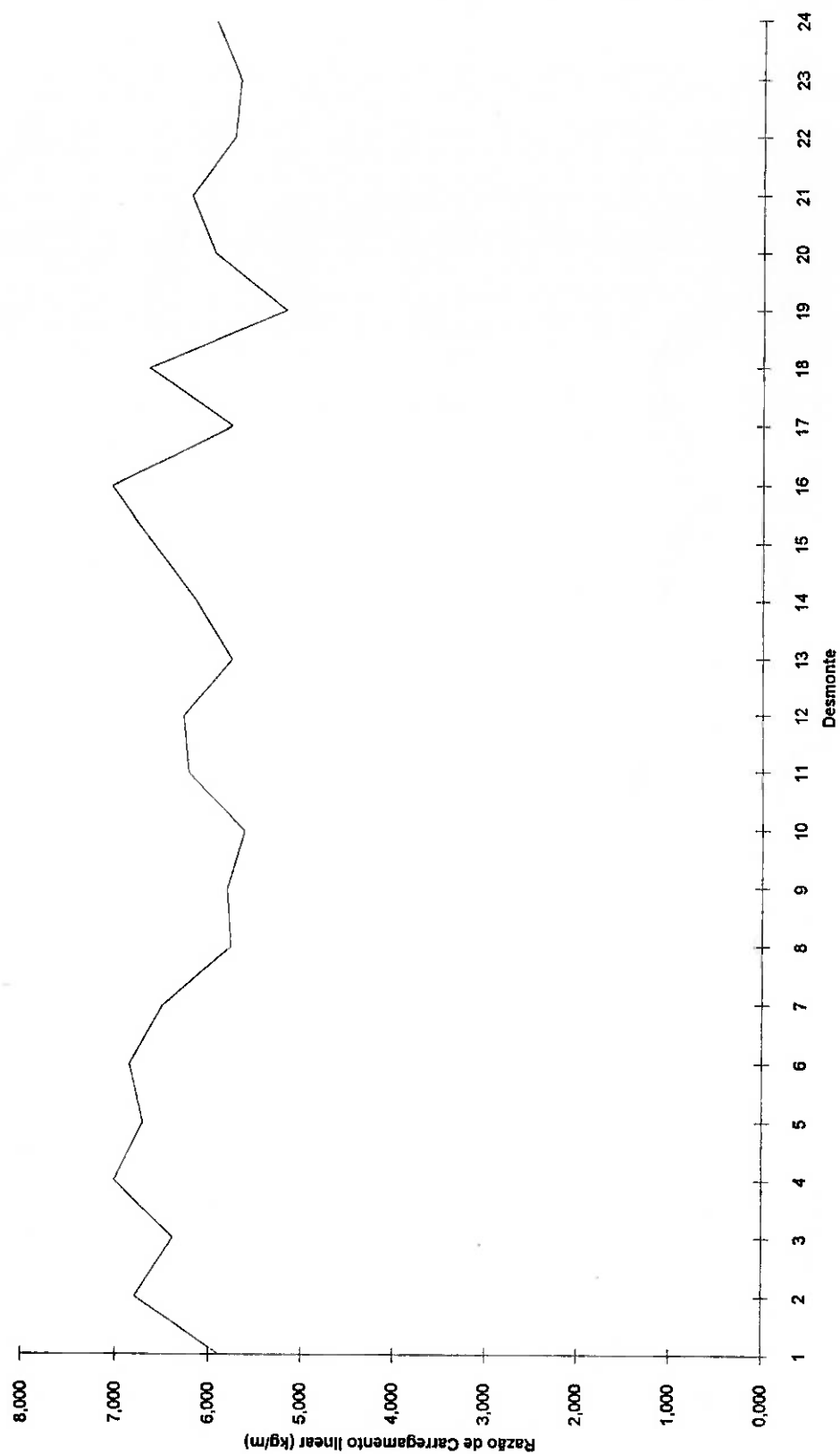


Gráfico 4.2.7. Volume e rocha desmontada por metro de perfuração na fase 2 para a frente 1 - cota 874

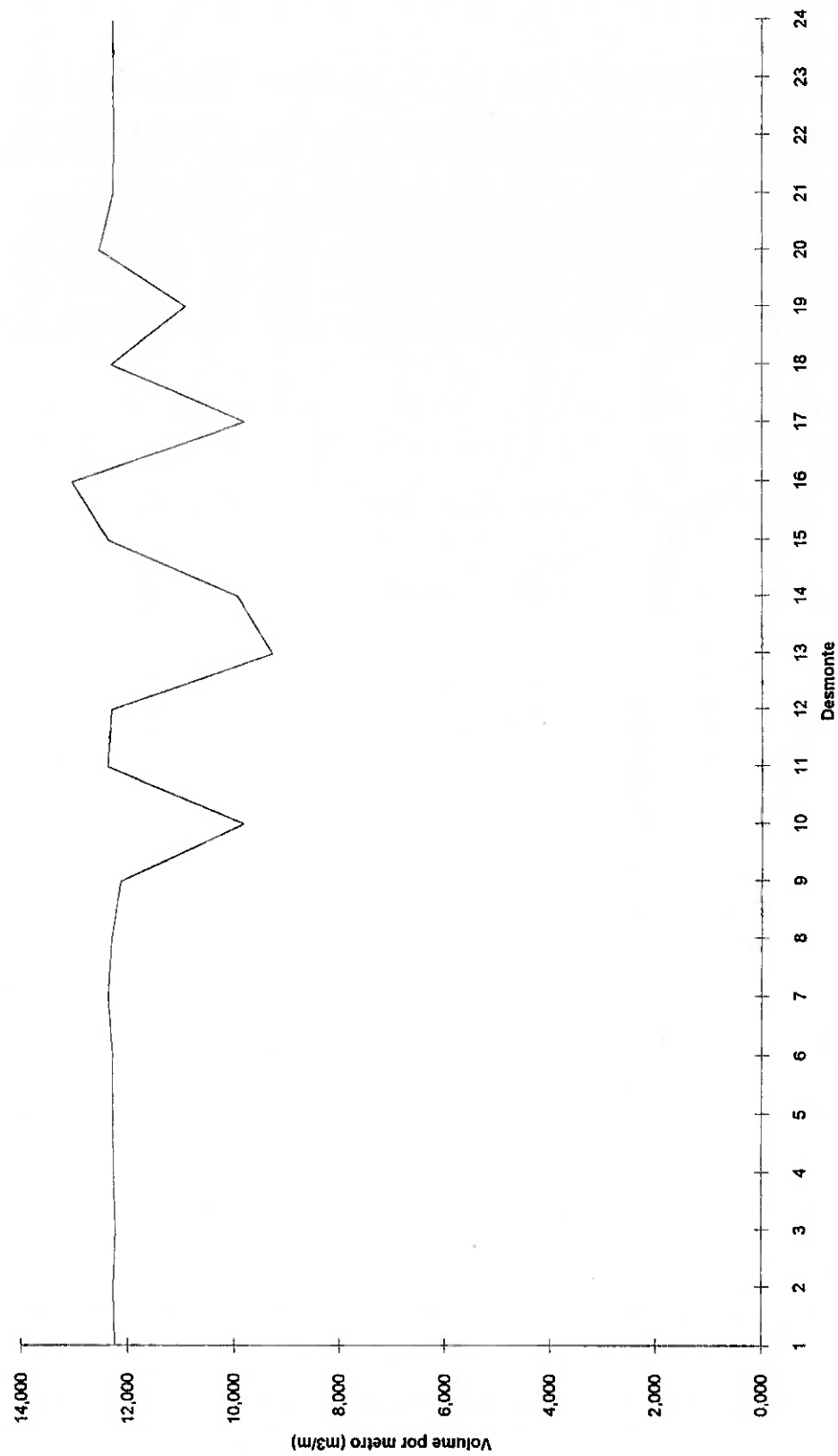


Gráfico 4.2.8. Variação da Razão de Carregamento na fase 1 para a frente 2 - cota 910/920

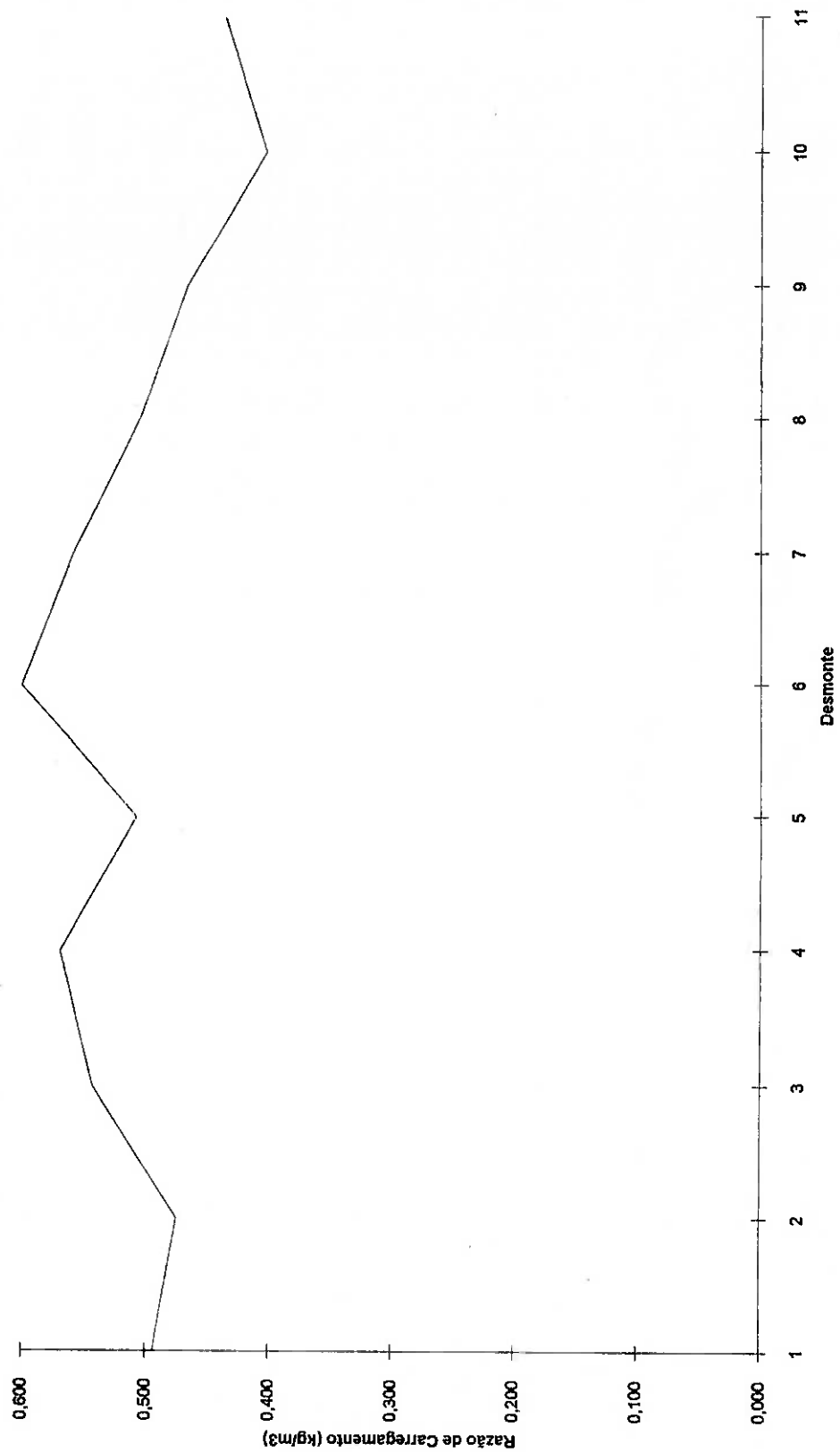


Gráfico 4.2.9. Variação da Razão de Carregamento Linear na fase 2 para a frente 2- cota 910/920

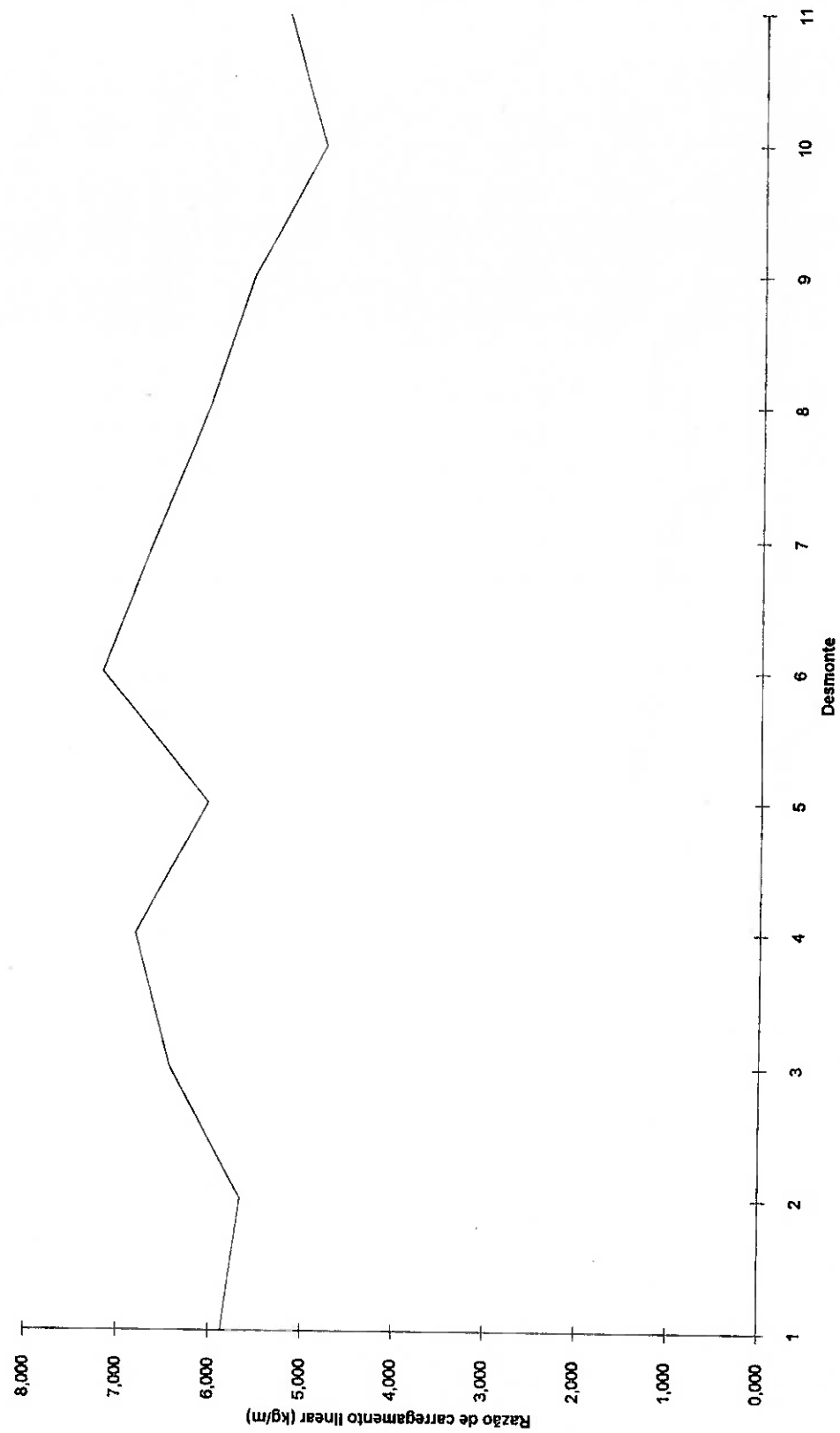


Gráfico 4.2.10. Volume de Rocha desmontada por metro de perfuração na fase 2 - cota 910/920

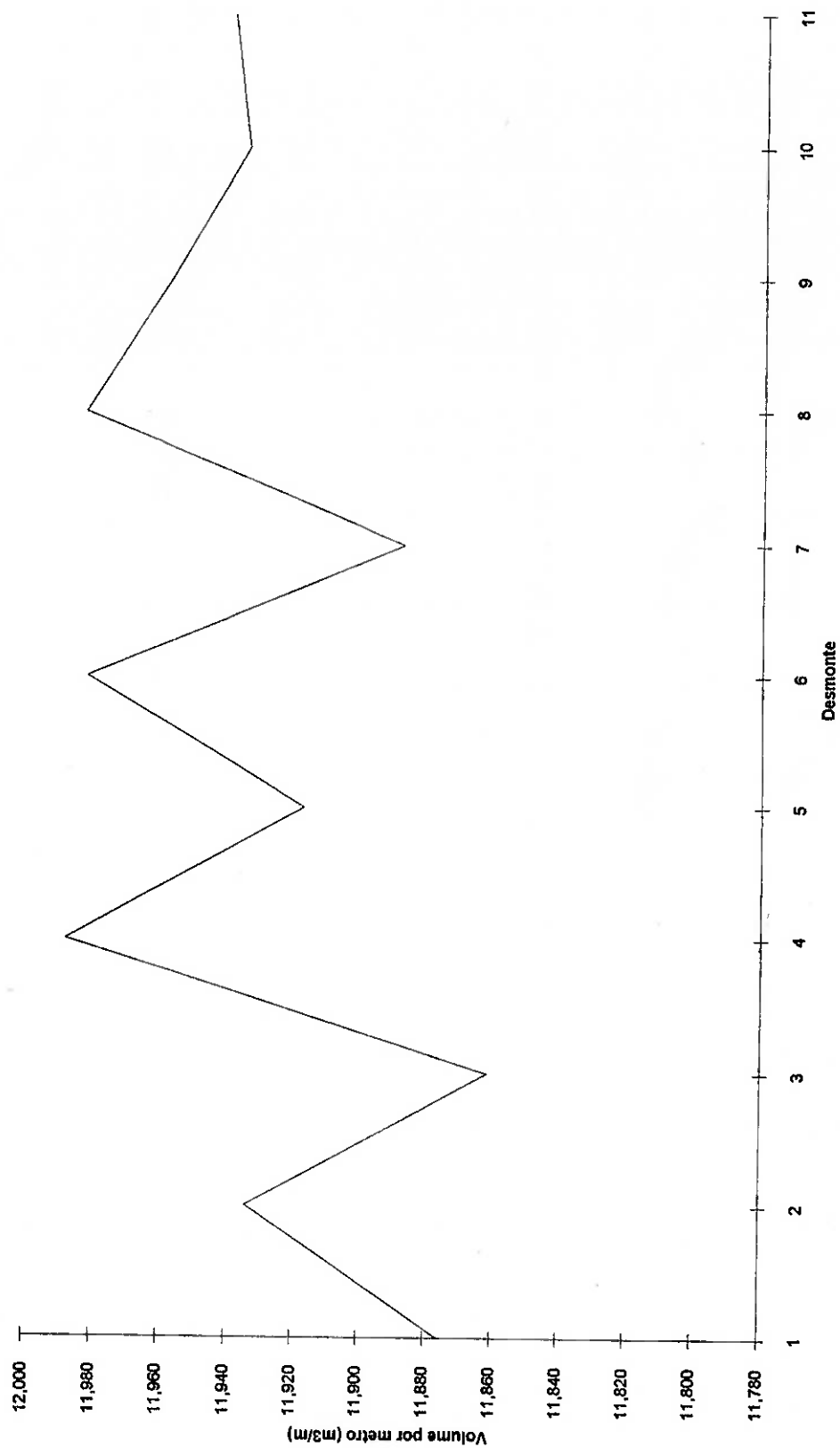


Tabela 4.3.a. Demontes realizados na fase 3.

data/ano	nr fogo	cota	afastamento (m)	espacamento (m)	nr de furos	profundidade (m)	sub-função	inclinação (graus)	tempo	profundidade (m)	total fgo explosivo	volume de rocha in situ (m³)	razão de carregamento	razão carreg. linear	pureza Total	Volume por metro
ago/94	36	874	3	4,5	27	15,9	0,9	15	p1	1,5	2600	5271	0,493	0,556	429,3	12,278
ago/94	37	910	2,7	5	47	11,2	0,9	15	p1	1,5	2440	6294	0,388	0,388	426,4	11,957
ago/94	38	874	2,7	4,5	56	15,85	0,9	15	p1	1,5	5200	5804	0,530	0,588	887,6	11,046
set/94	39	874	2,7	4,5	50	16,06	0,9	15	p1	1,5	4620	8766	0,527	0,573	803,0	10,917
set/94	40	874	2,7	4,5	54	15,82	0,9	15	p1	1,5	5410	9435	0,533	0,573	854,3	11,044
out/94	41	874	2,7	4,5	50	15,77	0,9	15	p1	1,5	4740	8705	0,545	0,611	788,5	11,040
out/94	42	910	2,7	4,5	49	11,16	0,9	15	p1	1,5	2750	5882	0,468	0,529	546,8	10,756
out/94	43	874	2,7	4,5	57	15,88	0,9	15	p1	1,5	5730	10000	0,573	0,630	805,2	11,048
out/94	44	874	2,7	4	53	15,84	0,9	15	p1	1,5	4870	9273	0,523	0,581	839,5	11,045
nov/94	45	874	2,7	4	19	7,22	0,9	15	p0	2,5	460	1246	0,369	0,369	137,2	9,083
nov/94	46	910	2,7	4,5	45	16,05	0,9	15	p1	1,5	2840	5446	0,521	0,565	505,8	10,767
nov/94	47	874	2,7	4,5	54	16,05	0,9	15	p1	1,5	4821	9579	0,503	0,562	866,7	11,052
nov/94	48	910	2,7	4,5	41	11,9	0,9	15	p1	1,5	2680	5280	0,508	0,549	487,9	10,822
nov/94	49	874	2,7	4,5	53	15,88	0,9	15	p1	1,5	4729	9183	0,515	0,569	841,6	10,911
dez/94	50	910	2,7	4,5	29	11,42	0,9	15	p1	1,5	1777	3545	0,501	0,568	331,2	10,704
dez/94	51	874	3	3,7	61	16,19	0,9	15	p1	1,5	5212	9852	0,529	0,577	987,6	9,976
dez/94	52	874	3,1	3,7	52	15,77	0,9	15	p1	1,5	5367	8440	0,636	0,636	820,0	10,292
jan/95	1	874	3,2	3,8	67	15,93	0,9	15	p1	1,5	5592	10071	0,555	0,613	910,9	11,057
jan/95	2	910	3,1	3,7	43	11,54	0,9	15	p1	1,5	2884	5026	0,574	0,582	486,2	10,129
jan/95	3	874	3,2	3,8	18	15,86	0,9	15	p1	1,5	1736	3145	0,562	0,562	285,5	11,017
jan/95	4	862	3,2	3,8	33	13,26	0,9	15	p1	1,5	2220	4815	0,461	0,461	437,6	11,004
jan/95	5	874	2,7	4,5	18	8	0,9	15	p1	1	575	1382	0,416	0,3993	144,0	9,597
jan/95	6	910	3,2	3,8	42	11,97	0,9	15	p1	1,5	2849	9837	0,290	0,290	502,7	19,567
jan/95	7	910	3,2	3,8	47	11,01	0,9	15	p1	1,5	3120	5884	0,559	0,609	517,5	10,791
jan/95	8	874	3,2	3,8	45	16,4	0,9	15	p1	1,5	4287	8175	0,524	0,524	738,0	11,077
fev/95	9	910	3,2	3,8	51	11,36	0,9	15	p1	1,5	3154	6282	0,502	0,502	544,4	10,843
fev/95	10	874	3,2	3,8	21	16,29	0,9	15	p1	1,5	2040	3787	0,539	0,563	342,1	11,070
fev/95	11	862	3,2	3,8	40	13,3	0,9	15	p1	1,5	3160	5851	0,540	0,540	532,0	10,998
mar/95	12	874	3,2	3,8	60	15,58	1	15	p1	1,5	5605	10353	0,541	0,541	934,8	11,075
mar/95	13	910	3,2	3,8	33	11,27	1	15	p1	1,5	1987	4008	0,496	0,496	371,9	10,777
mar/95	14	862	3,2	3,8	40	13,39	1	15	p1	1,5	3283	5861	0,560	0,560	613,0	10,943
mar/95	15	874	3,2	3,8	62	15,82	1	15	p1	1,5	5585	10856	0,514	0,514	980,8	11,066
mar/95	16	910	3,2	3,8	23	10,47	1	10	p1	1,5	1250	2604	0,480	0,480	240,8	10,814
abr/95	17	874	3,2	3,8	56	15,74	1	12	p1	1,5	4994	9853	0,507	0,507	881,4	11,178
abr/95	18	862	3,2	3,8	42	13,83	1	15	p1	1,5	3050	6042	0,505	0,505	580,9	10,402
abr/95	19	874	3,2	3,8	59	15,86	1	15	p1	1,5	5832	10367	0,564	0,564	935,7	11,079
abr/95	20	900	3,2	3,8	47	11,06	1	15	p1	1,5	2661	5589	0,476	0,476	519,8	10,752
mai/95	21	862	3,2	3,8	48	13,28	1	15	p1	1,5	3422	6869	0,491	0,491	536,8	10,933
mai/95	22	900	3,2	3,8	11	16,2	1	20	p0	2	930	1969	0,472	0,472	178,2	11,049
mai/95	23	874	2,7	3,8	28	7,66	1	15	p0	1,5	1130	1859	0,608	0,608	214,5	8,667
mai/95	24	874	3,2	3,8	48	15,75	1	15	p1	1,5	4255	8376	0,508	0,508	756,0	11,079
jun/95	25	910	3,2	3,8	42	11,11	1	15	p1	1,5	2606	5020	0,519	0,519	466,6	10,758
jun/95	26	874	3,2	3,8	52	13,5	1	15	p1	1,5	3813	7670	0,497	0,497	702,0	10,926
jun/95	27	874	2,7	3,8	19	6,6	1	15	p0	1,5	380	869	0,437	0,437	106,4	8,167
jun/95	28	874	3,2	3,8	63	15,83	1	15	p1	1,5	5745	10406	0,552	0,552	997,3	10,434
jun/95	29	900	3,2	3,8	63	11,36	1	20	p1	1,5	3612	7592	0,502	0,502	715,7	10,608
jun/95	30	862	3,2	3,8	59	13,51	1	15	p1	1,5	4415	8724	0,506	0,506	797,1	10,945
jun/95	31	910	3,2	3,8	42	11,11	1	17,5	p1	1,5	2633	4969	0,530	0,530	486,6	10,849
jun/95	32	862	2,7	3,8	26	8,56	1	15	p1	2	1520	2715	0,560	0,560	308,2	8,810
jun/95	33	874	3,2	3,8	54	15,77	1	15	p1	1,5	4886	9429	0,519	0,519	851,8	11,072
jun/95	34	910	3,2	3,8	33	11,25	1	15	p1	1,5	1985	3997	0,497	0,497	371,3	10,766
jun/95	35	874	3,2	3,8	36	15,76	1	15	p1	1,5	3246	6286	0,516	0,516	567,4	11,079
ago/95	36	900	3,2	3,8	39	11,4	1	17	p1	1,5	2520	4742	0,531	0,531	444,8	10,666
ago/95	37	862	3,2	3,8	62	13,29	1	15	p1	1,5	4810	9009	0,534	0,534	824,0	10,934
ago/95	38	900	3,2	3,8	50	11,43	1	15	p1	1,5	3384	6123	0,549	0,549	571,5	10,714
ago/95	39	874	3,2	3,8	63	16,1	1	15	p1	1,5	8045	15840	0,508	0,508	6020	13,563
set/95	40	900	3,2	3,8	48	12,09	1	15	p1	1,5	3182	6228	0,511	0,511	5483	10,732
set/95	41	900	3,2	3,8	55	11,55	1	15	p1	1,5	3850	6808	0,566	0,566	6081	6,353
out/95	42	862	3,2	3,8	64	13,28	1	15	p1	1,5	4958	9245	0,536	0,536	849,9	10,977
out/95	43	874	3,2	3,8	64	16,48	1	15	p1	1,5	6995	11463	0,610	0,610	1054,7	10,868
out/95	44	900	3,2	3,8	74	11,82	1	15	p1	1,5	4910	9403	0,522	0,522	874,7	10,750

Gráfico 4.3.1. Variação da razão de Carregamento na fase 3.

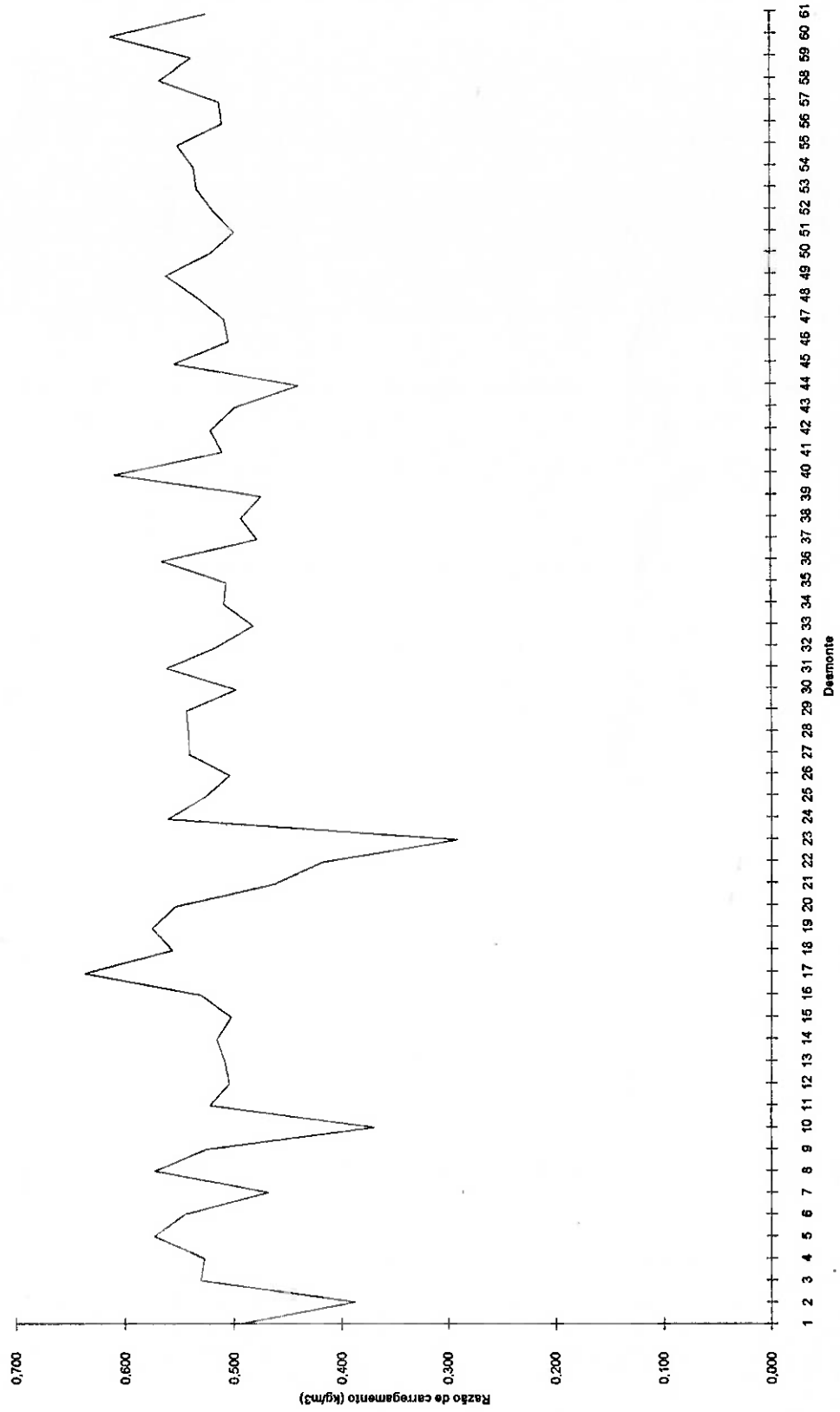


Gráfico 4.3.2. Variação da Razão de Carregamento linear na fase 3.

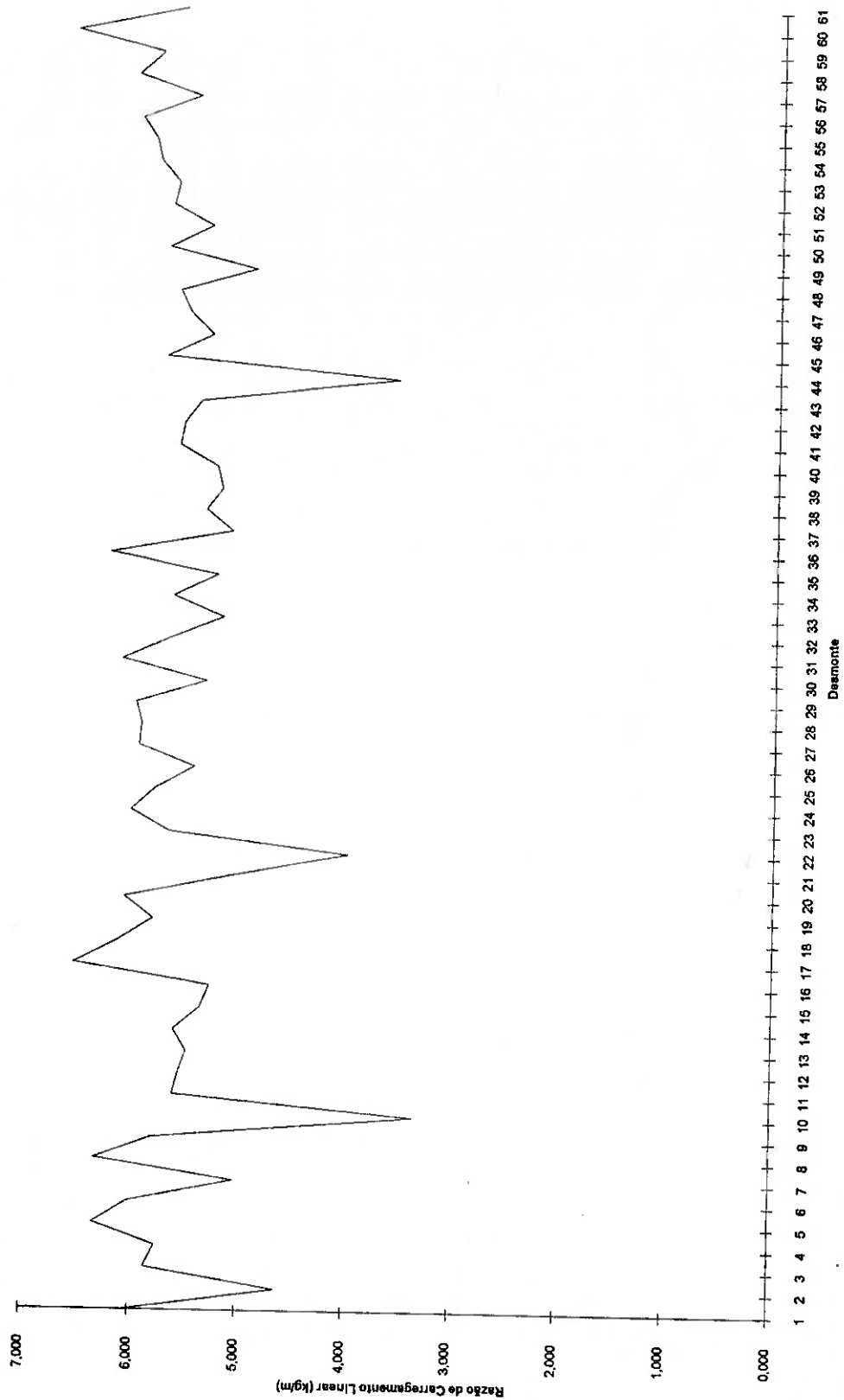


Gráfico 4.3.4. Razões de Carregamento Volumétrica e linear em função da altura da bancada para a fase 3.

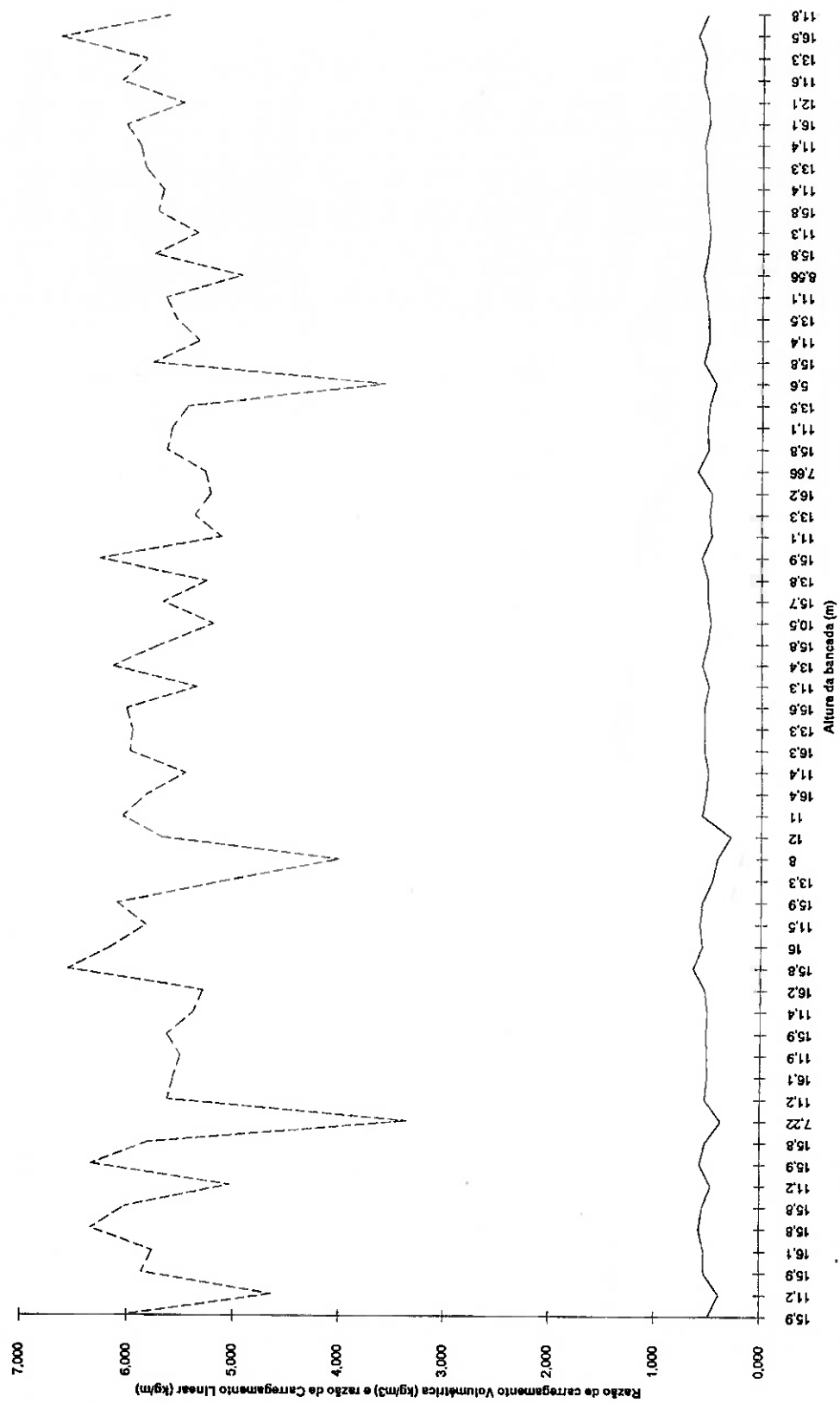
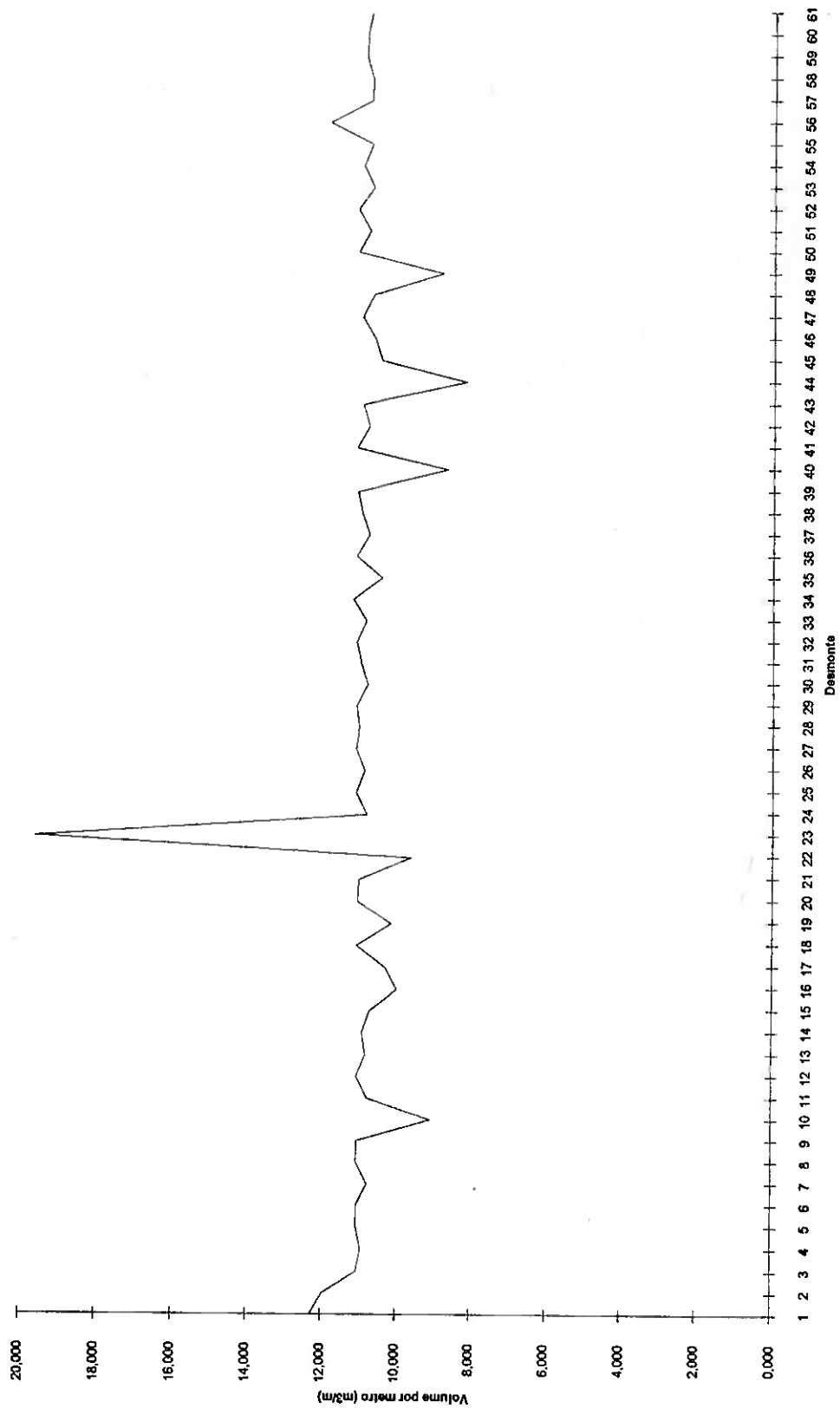


Gráfico 4.3.3. Volume de Rocha desmontada por metro de perfuração na fase 3.



Tabelas 4.3.b e c. Desmontes realizados na fase 3 para as frentes 874 e 910.

FASE 3: FRENTE 1 - COTA 874

metano	Nº topo	cota	afastamento	espessamento	Nº de furos	profundidade	sub-furação	inclinação	tempo	profundidade (m)	total (kg)	volume de rocha in situ (m³)	razão de carregamento	razão carreg. linear	Função	Volume por metro
ago/84	36	874	3	4,5	27	15,9	0,9	15	p1	1,5	2600	0,493	6,056	429,3	Totol	12,278
ago/84	38	874	2,7	4,5	56	15,85	0,9	15	p1	1,5	5200	9804	0,530	5,958	887,6	11,046
set/84	39	874	2,7	4,5	50	16,06	0,9	15	p1	1,5	4520	8766	0,527	5,753	803,0	10,917
set/84	40	874	2,7	4,5	84	15,82	0,9	15	p1	1,5	5410	9435	0,573	6,333	854,3	11,044
out/84	41	874	2,7	4,5	50	15,77	0,9	15	p1	1,5	4705	8785	0,545	6,011	11,040	11,040
out/84	43	874	2,7	4,5	57	15,88	0,9	15	p1	1,5	5730	10000	0,573	6,330	905,2	11,048
out/84	44	874	2,7	4,5	53	15,84	0,9	15	p1	1,5	4870	9273	0,525	5,801	11,046	11,046
nov/84	45	874	2,7	4	19	7,22	0,9	15	p6	2,5	460	1246	0,369	3,553	137,2	9,083
nov/84	47	874	2,7	4,5	54	16,05	0,9	15	p1	1,5	4821	9579	0,503	5,562	866,7	11,052
nov/84	49	874	2,7	4,5	53	15,88	0,9	15	p1	1,5	4728	9183	0,515	5,619	841,6	10,911
dez/84	51	874	3	3,7	61	16,19	0,9	15/17,5/20	p1	1,5	5212	9852	0,529	5,277	987,6	9,976
dez/84	52	874	3,1	3,8	52	15,77	0,9	15/17,5/20	p1	1,5	5367	8440	0,536	6,545	820,0	10,292
jan/85	1	874	3,2	3,8	57	15,98	0,9	15	p1	1,5	6592	10071	0,565	6,139	910,9	11,057
jan/85	3	874	3,2	3,8	18	15,86	0,9	15	p1	1,5	1736	3145	0,552	6,081	285,5	11,077
jan/85	5	874	2,7	4,5	18	8	0,9	15	p1	1	576	1382	0,576	3,993	144,0	9,597
fev/85	8	874	3,2	3,8	45	16,4	0,9	15	p1	1,5	4287	8175	0,524	5,809	738,0	11,077
fev/85	10	874	3,2	3,8	21	16,28	0,9	15	p1	1,5	2043	3787	0,539	5,963	342,1	11,070
mar/85	12	874	3,2	3,8	60	15,58	1	15	p1	1,5	5605	10353	0,541	5,996	934,8	11,075
mar/85	15	874	3,2	3,8	62	15,82	1	15	p1	1,5	5585	10656	0,514	5,694	980,6	11,068
abr/85	17	874	3,2	3,8	56	15,74	1	15	p1	1,5	4984	9853	0,507	5,666	881,4	11,178
abr/85	19	874	3,2	3,8	59	15,86	1	15	p1	1,5	5852	10367	0,564	6,254	935,7	11,079
mai/85	23	874	2,7	3,8	28	7,66	1	15	p3	1,5	1130	1859	0,608	5,269	214,5	8,687
mai/85	24	874	3,2	3,8	48	15,75	1	15	p1	1,5	4255	8376	0,508	5,508	756,0	11,079
jun/85	26	874	3,2	3,8	52	13,5	1	15	p1	1,5	3813	7670	0,497	5,432	10,926	10,926
jun/85	27	874	2,7	3,8	19	5,6	1	15	p6	1,5	380	869	0,437	3,571	106,4	8,167
jun/85	28	874	3,2	3,8	63	15,63	1	15	p1	1,5	5745	10406	0,552	5,761	997,3	10,434
jun/85	33	874	3,2	3,8	54	15,77	1	15	p1	1,5	4896	9429	0,519	5,749	851,6	11,072
jun/85	35	874	3,2	3,8	36	15,76	1	15	p1	1,5	3246	6786	0,516	5,721	567,4	11,079
set/85	39	874	3,2	3,8	83	16,1	1	15	p1	1,5	8045	15840	0,508	6,020	1336,3	11,854
out/85	43	874	3,2	3,8	64	16,48	1	15	p1	1,5	6995	11463	0,619	6,632	1054,7	10,968

FASE 3: FRENTE 2 - COTA 910

mês/ano	nº fogo	cota	afastamento (m)	espaçamento (m)	nº de furos	profundidade (m)	sub-furação (m)	incidência (graus)	tempo	profundação (m)	total (kg) explosivo	volume de rocha in situ (m³)	nº de carregamento	razão carreg. linear	furação total	volume por metro
ago/94	37	910	2,7	5	47	11,2	0,9	15	p1	1,5	2440	6294	0,388	4,635	526,4	11,957
ago/94	42	910	2,7	4,5	49	11,16	0,9	15	p1	1,5	2750	5862	0,468	5,029	546,8	10,756
nov/94	45	910	2,7	4,5	45	11,24	0,9	15	p1	1,5	2840	5446	0,521	5,615	505,8	10,767
nov/94	48	910	2,7	4,5	41	11,9	0,9	15	p1	1,5	2690	5280	0,508	5,693	487,9	10,822
dez/94	50	910	2,7	4,5	29	11,42	0,9	15/20	p1	1,5	1777	3545	0,501	5,366	331,2	10,704
jan/95	2	910	3,1	3,7	43	11,54	0,9	15	p1	1,5	2884	5026	0,574	5,812	496,2	10,129
jan/95	6	910	3,2	3,8	42	11,97	0,9	15	p1	1,5	2849	5027	0,590	5,667	496,7	19,967
jan/95	7	910	3,2	3,8	47	11,01					3120	5584	0,559	6,029	517,5	10,791
fev/95	9	910	3,2	3,8	51	11,36	0,9	15	p1	1,5	3164	6282	0,502	5,444	579,4	10,843
mar/95	13	910	3,2	3,8	33	11,27		15	p1	1,5	1987	4008	0,496	5,343	371,9	10,777
mar/95	16	910	3,2	3,8	23	10,47	1	15	p1	1,5	1260	2604	0,489	5,191	240,8	10,814
jun/95	25	910*	3,2	3,8	42	11,11	1	15	p1	1,5	2606	5020	0,519	5,683	466,6	10,758
jun/95	31	910	3,2	3,8	42	11,1	1	17,5	p1	1,5	2633	4969	0,530	5,643	466,6	10,649
jun/95	34	910	3,2	3,8	33	11,25	1	15	p1	1,5	1985	3997	0,497	5,347	371,3	10,765

Gráfico 4.3.5. Variação da Razão de Carregamento na fase 3 para a frente 1 - cota 874

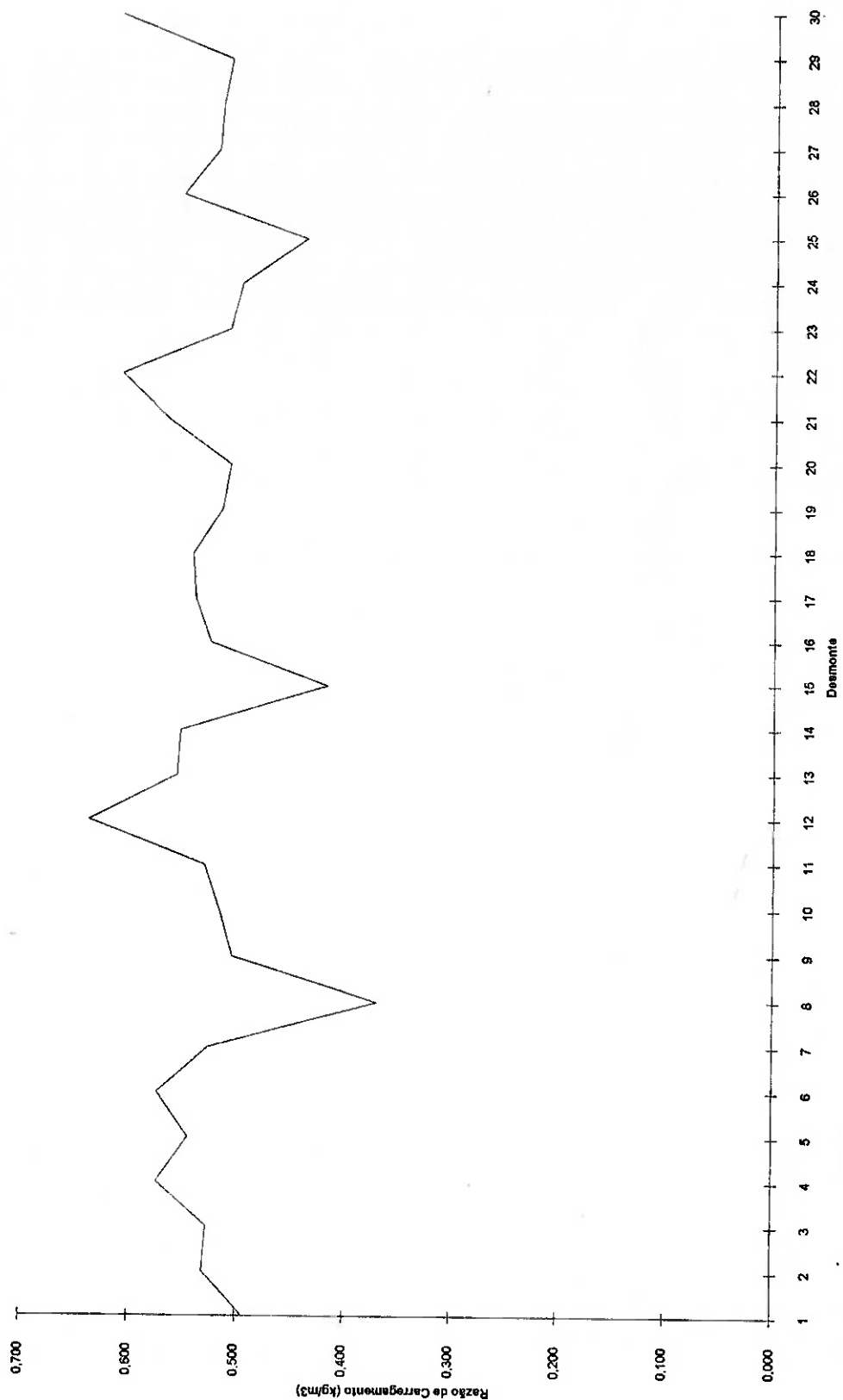


Gráfico 4.3.6. Variação da Razão de Carregamento linear na fase 3 para a frente 1 - cota 874

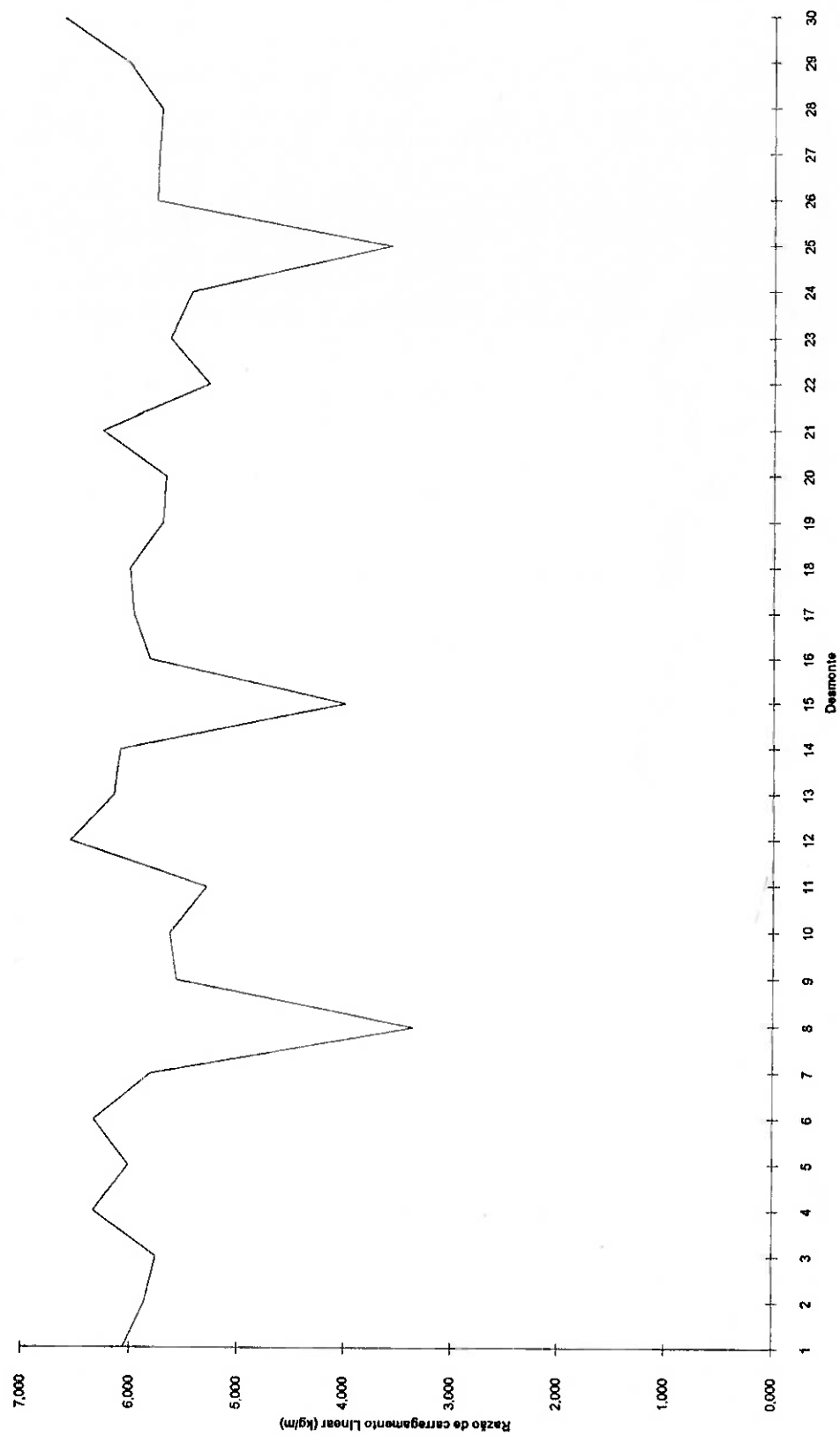


Gráfico 4.3.7. Volume de rocha desmontada por metro de perfuração na fase 3 para a frente 1 - cota 874

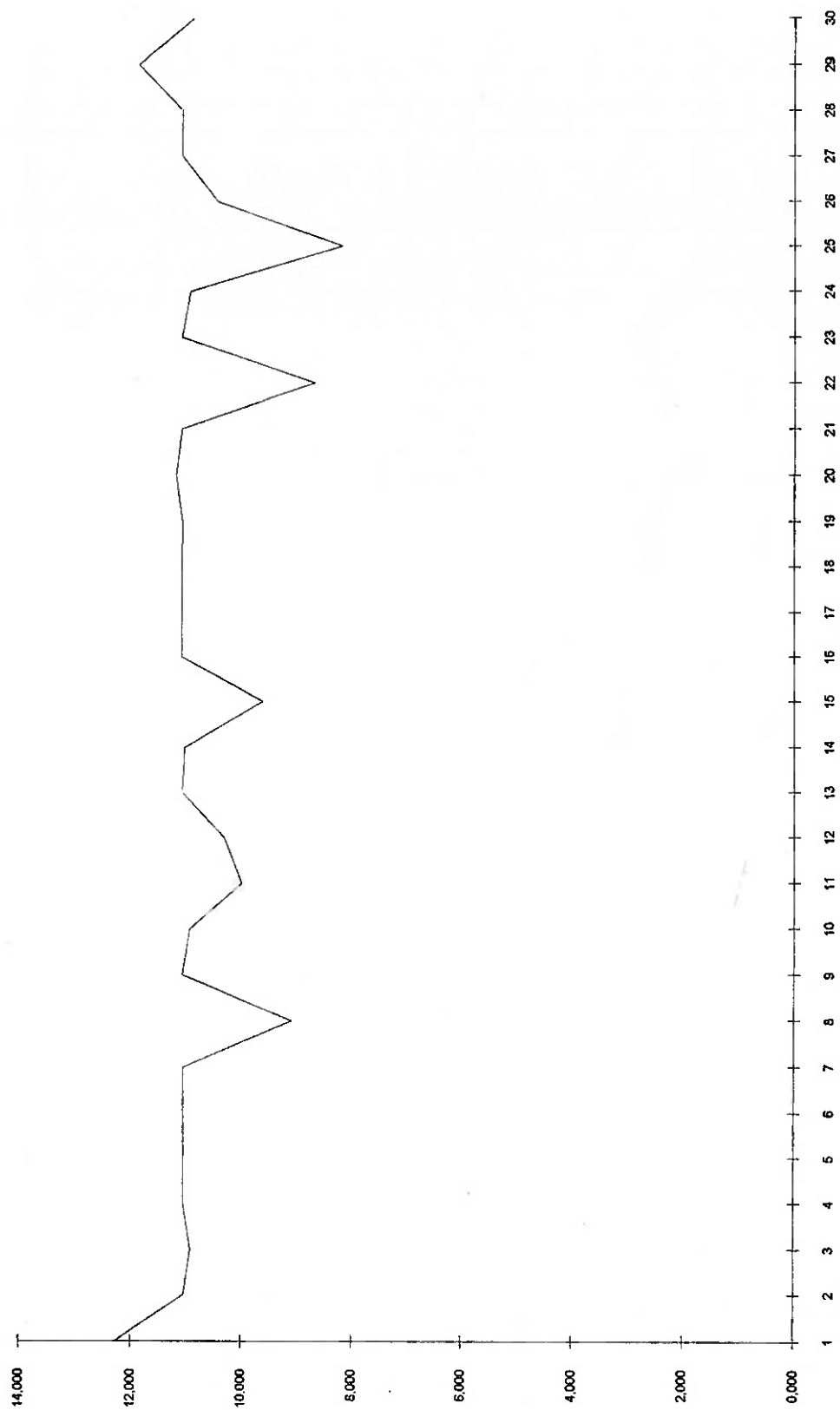


Gráfico 4.3.8. Variação da Razão de Carregamento na fase 3 para a frente 2 - cota 910

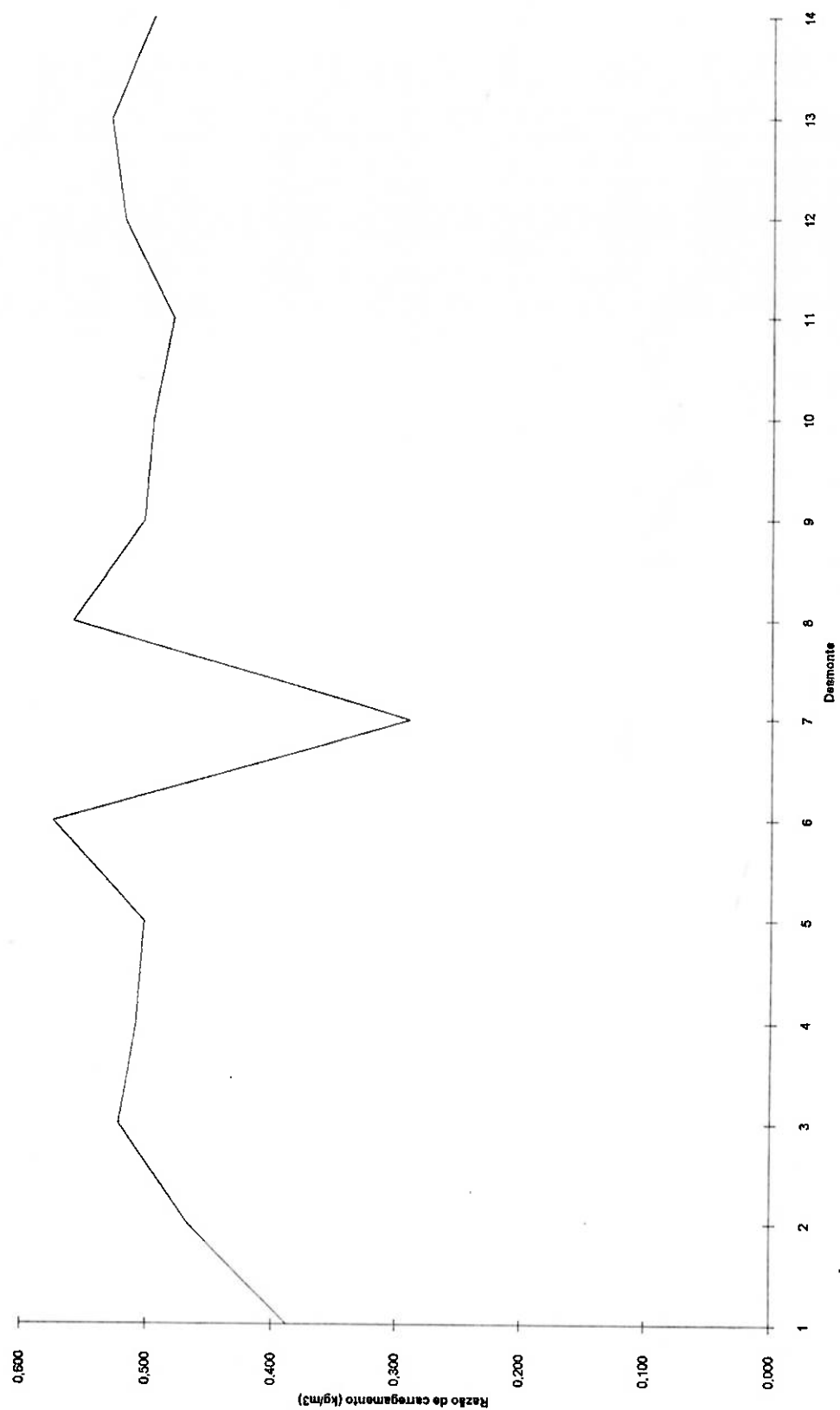


Gráfico 4.3.9. Variação da Razão de carregamento linear na fase 3 para a frente 2 - cota 910

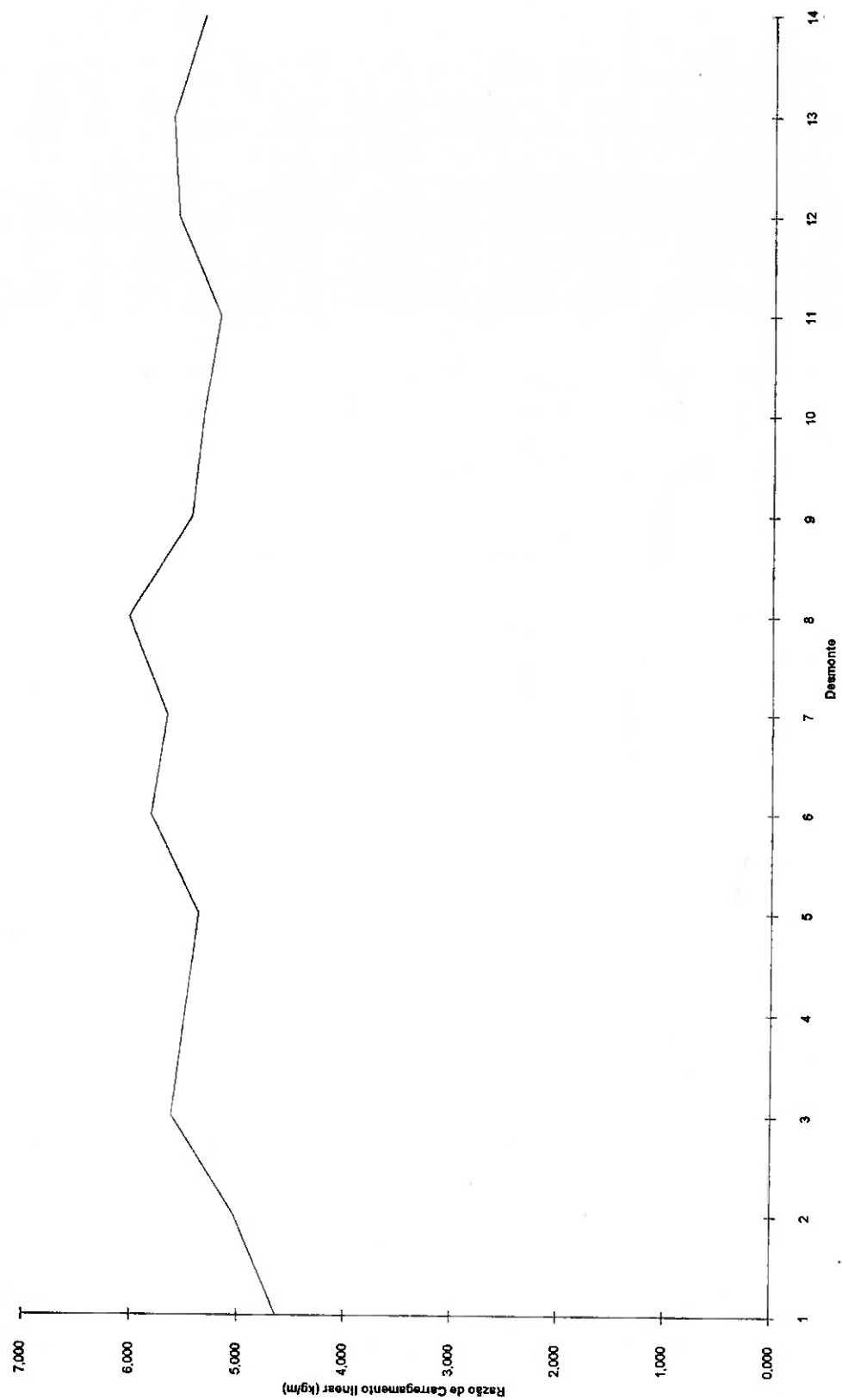


Gráfico 4.3.10. Volume de rocha desmontada por metro de perfuração na fase 3 para a frente 2 - cota 910

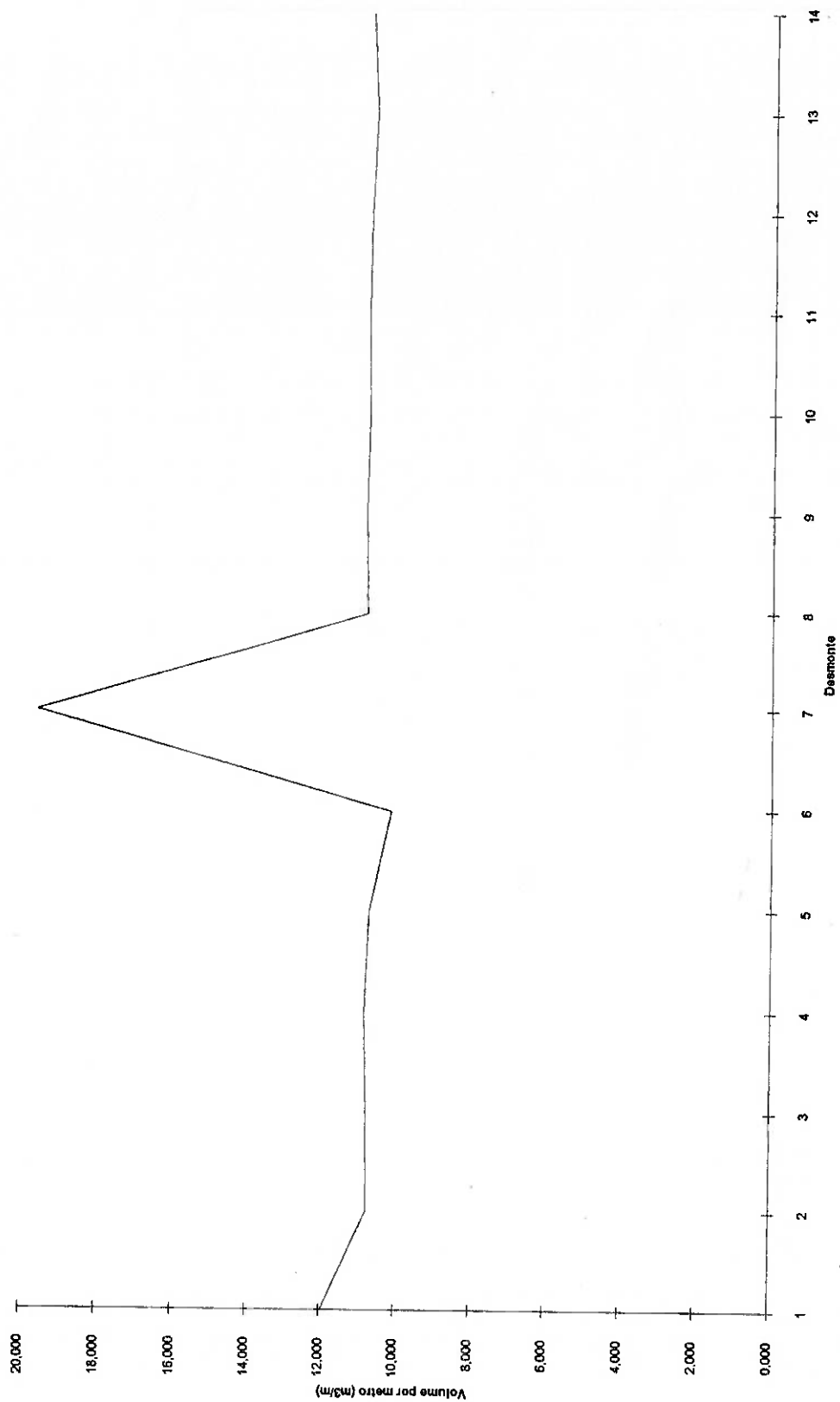


Tabela 4.2.1. Índice de Fogacho (%)

	1993	1994	1995
janeiro	5,43	9,6	4,6
fevereiro	5,48	5,01	6,83
março	6,01	7,29	7,55
abril	5,78	7,95	5,17
maio	4,13	13,54	3,87
junho	3,25	4,67	4,27
julho	9	8,52	5,7
agosto	9,44	7,55	5,59
setembro	4,86	6,22	5,26
outubro	7,76	2,65	
novembro	9,14	4,46	
dezembro	10,6	4,82	

Tabela 4.2.2. Fragmentação

	1993	1994	1995
ótima	7	13	32
boa	14	28	7
regular	10	5	9
ruim	0	4	3
péssima	0	2	1

Tabela 4.2.3. Altura da Pilha

	1993	1994	1995
alta	16	41	39
média	0	7	0
baixa	4	4	11

Figura 4.2.1. Variação do índice de Fogacho em 93, 94 e 95.

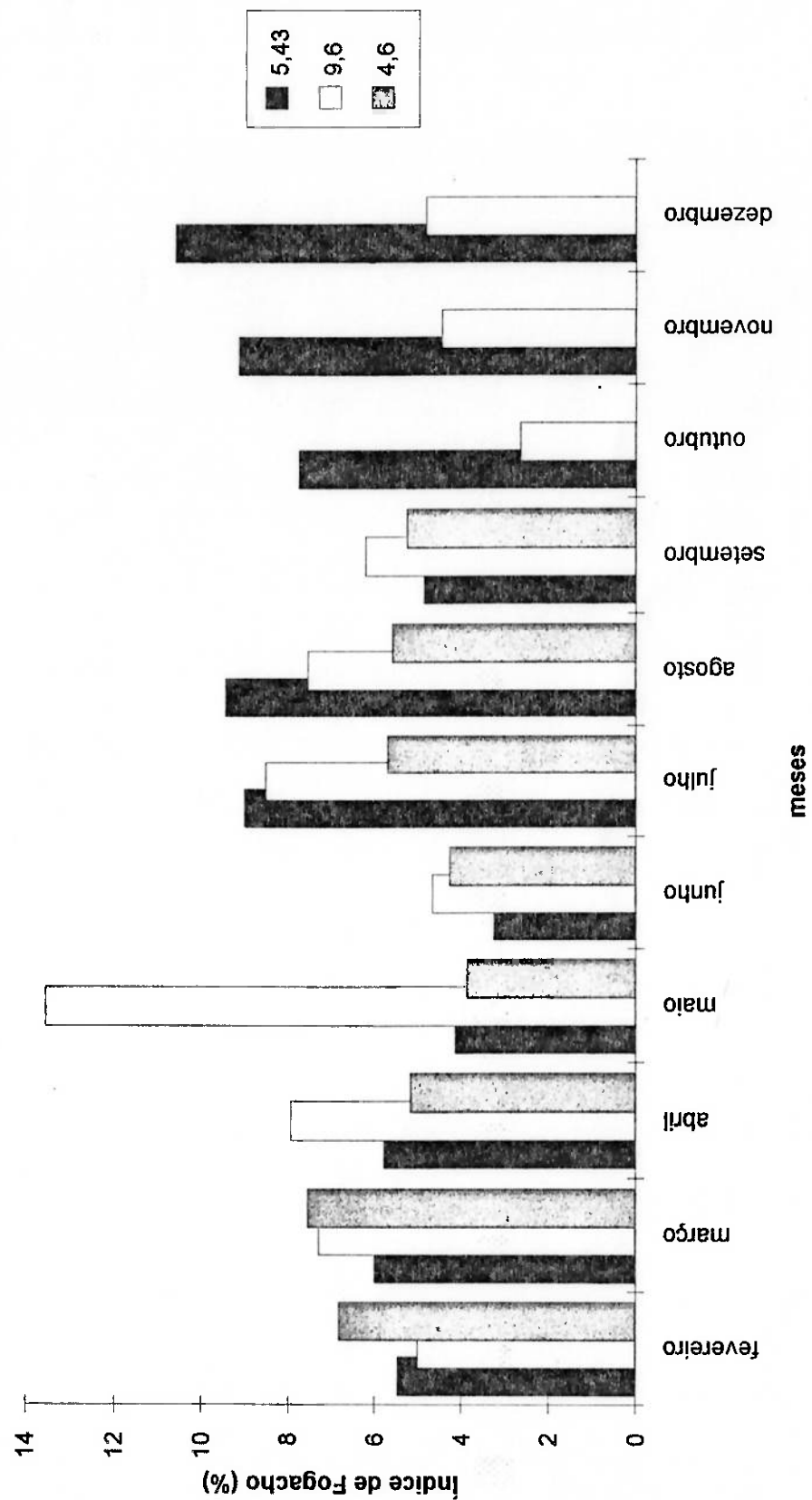


Figura 4.2.2.a. Fragmentação no ano de 1993

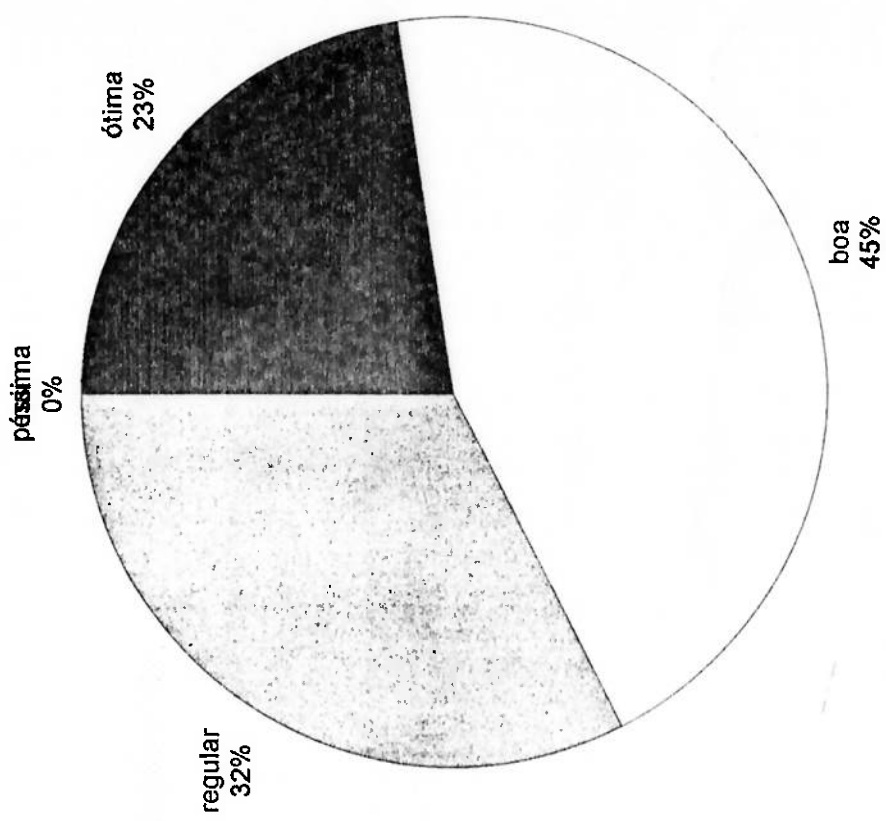


Figura 4.2.2.b. Fragmentação no ano de 1994

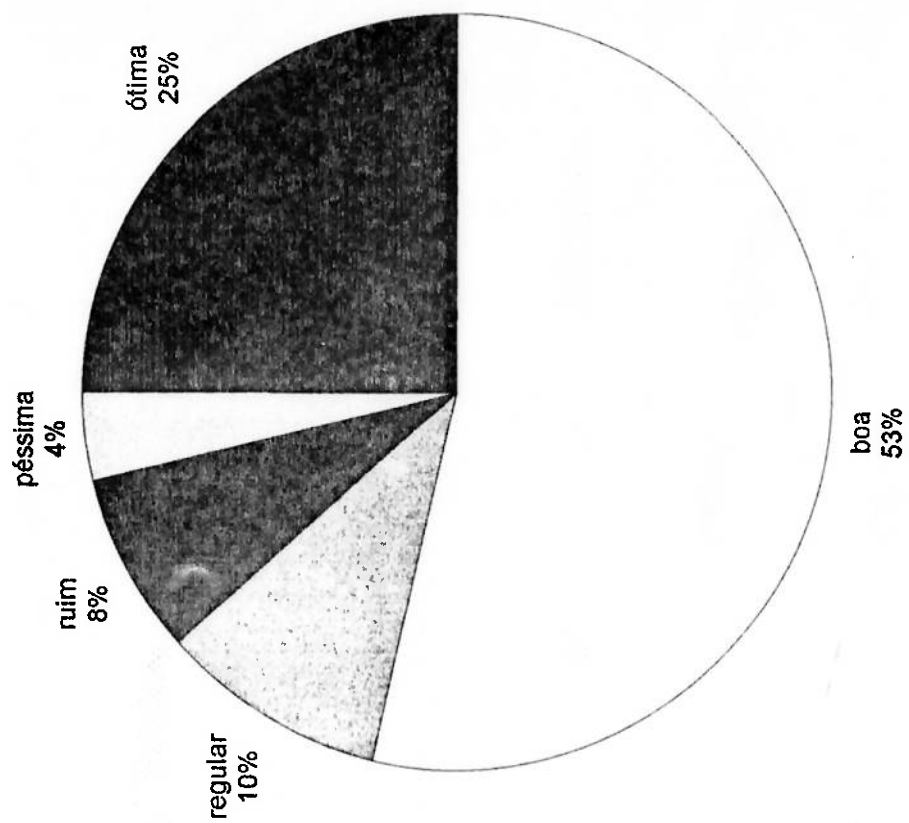


Figura 4.2.2.c. Fragmentação no ano de 1995

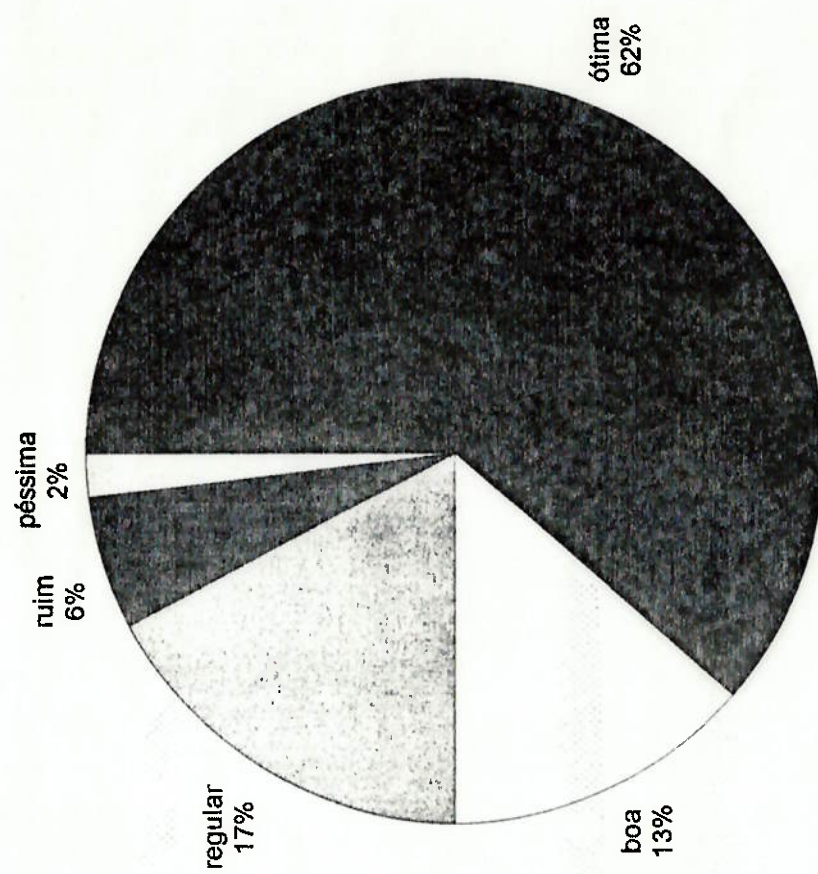
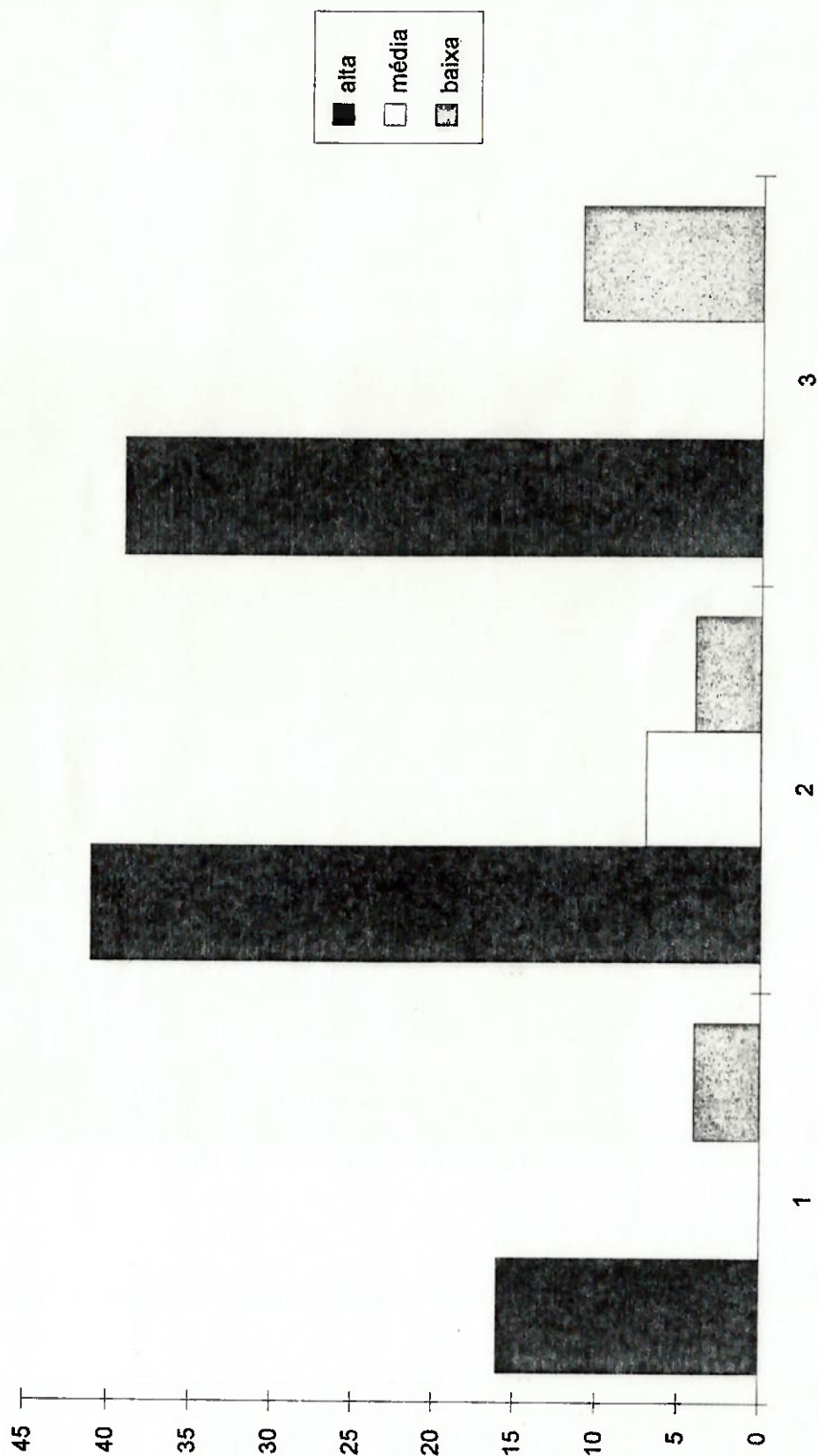


Figura 4.2.3.3. Altura da pilha (1:93, 2:94, 3:95)



8. Bibliografia

- Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia. volume 4, número 2, setembro de 1955
- Geologia da faixa São Roque e intrusivas associadas na região entre São Paulo e Mairiporã, Dantas, A. S. L.. São Paulo. Dissertação, 1990.
- Geologia do Grupo São Roque, Hasui, Y. , Penalva, F. , Hennessey, W. T.
- Mapa Geológico do Estado de São Paulo, IPT. Escala 1: 500.000 - volumes 1 e 2. 1981. Programa de Desenvolvimento de Recursos Minerais - Pró-Minério.
- Noções preliminares sobre Explosivos para o Desmonte de Pedreiras. Du Pont do Brasil S. A., Boletim Técnico Nº 17, 1982.
- Rock Engineering, Franklin, J.A., Dusseault, M.B. 1989. McGraw Hill.
- Técnicas Básicas de Desmonte de Rocha. EXPLO. volume 1. 1979.