

Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP
Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo

ISSN 0104-0553

BT/PMI/235

**Correlação entre a Massa Específica
de Agregados Reciclados e suas
Propriedades Físicas e
Microestruturais**

**Carina Ulsen
Henrique Kahn**

São Paulo - 2007

O presente trabalho é parte da dissertação de mestrado apresentada por Carina Ulsen, sob a orientação do Prof. Dr. Henrique Kahn: "Caracterização Tecnológica de Resíduos de Construção e Demolição" defendida em 22/08/2006, na EPUSP.

A íntegra da dissertação encontra-se à disposição dos interessados com o autor e na Biblioteca do Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo da Escola Politécnica da USP.

FICHA CATALOGRÁFICA

Ulsen, Carina

Correlação entre a massa específica de agregados reciclados e suas propriedades físicas e microestruturais / Carina Ulsen, Henrique Kahn. -- São Paulo : EPUSP, 2007.

p. -- (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo ; BT/PMI/235)

1. Resíduos de construção 2. Entulho reciclado I. Kahn, Henrique II. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo III. Título IV. Série
ISSN 0104-0553

CARINA ULSEN
HENRIQUE KAHN

**CORRELAÇÃO ENTRE A MASSA ESPECÍFICA DE
AGREGADOS RECICLADOS E SUAS PROPRIEDADES
FÍSICAS E MICROESTRUTURAIS**

Texto extraído da dissertação apresentada à
Escola Politécnica da Universidade de São
Paulo para obtenção do título de mestre em
Engenharia.

Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo da EPUSP

2006

RESUMO

Os resíduos de construção e demolição (RCD) representam cerca de 50% de todo o resíduo sólido gerado em cidades brasileiras de grande porte; a sua disposição trata-se de uma prática onerosa e contrária aos modelos atuais de desenvolvimento sustentável. Neste trabalho são apresentados aspectos tecnológicos relevantes para a valorização da utilização de agregado reciclados.

Foram amostradas duas usinas de reciclagem do Estado de São Paulo, com coleta de produtos diferenciados na sua origem e classe (cinza e vermelho). O procedimento experimental envolveu basicamente: peneiramento, separação em líquidos densos em quatro densidades (1,7; 1,9; 2,2 e 2,5 g/cm³), avaliação dos parâmetros químicos, físicos e microestruturais relevantes para uso como agregados e sua relação com os intervalos de separação por densidade.

Os resultados da caracterização química e mineralógica, bem como física e microestrutural apontam uma marcante correlação com os intervalos de densidades considerados. Uma separação em $d > 1,9$ g/cm³ permite retirar de forma eficiente os resíduos considerados não minerais do RCD, em torno de 10% m/m; já separação em densidade 2,2 g/cm³ pode gerar produto com aplicação para uso em concretos estruturais. O trabalho realizado indicou, ainda, que a classificação corrente do RCD segundo critérios visuais (tipo cinza e vermelho) nas instalações de reciclagem não permite caracterizar a qualidade dos produtos segundo as propriedades físicas de agregados.

PALAVRAS-CHAVE: resíduos de construção (caracterização tecnológica), entulho reciclado

1 INTRODUÇÃO

Os RCD são um dos principais responsáveis pelo esgotamento de áreas de aterros em cidades de médio e grande porte, uma vez que eles correspondem a mais de 50% (m/m) dos resíduos sólidos urbanos. No Brasil, estima-se que são gerados anualmente cerca de 70 milhões de toneladas de RCD, que quando dispostos em locais irregulares, causam grandes impactos ambientais, além de representarem altos custos sócio-econômicos, à coleta-transporte-deposição (R\$ 45,0 x 10⁶/ano - PINTO, 1999; JOHN, 2000; EC, 2000; SCHNEIDER, 2002; ANGULO et al., 2002). Dessa forma, a reciclagem de RCD é uma forma de aproximar o setor da construção civil da sustentabilidade.

Os RCD são constituídos por concreto, argamassa, telhas, tijolo, solo, plásticos, metais, madeira, papel, betume, entre outros, sendo que a fração de origem mineral representa mais de 90% em massa, tanto no Brasil como em países europeus (CARNEIRO et al., 2000; FERRAZ et al., 2001; EC, 2000). Do ponto de vista químico os RCD brasileiros são constituídos majoritariamente por sílica, em menores proporções encontra-se alumina e óxido de cálcio (ANGULO et al., 2002).

Atualmente a principal aplicação para os agregados reciclados é em atividades de pavimentação, entretanto esse mercado pode consumir no máximo 50% do total produzido (HENDRIKS, 2000; ANGULO et al., 2003); dessa forma há uma necessidade crescente em utilizá-los em outras aplicações, em especial, argamassas e concretos (ANGULO et al., 2002). Entretanto a utilização destes para fins mais nobres exige melhorias na gestão dos resíduos, nas ferramentas de controle de qualidade e na tecnologia de beneficiamento (ANGULO et al., 2002). Em 1995 pelo menos três usinas de reciclagem no mundo já haviam implantado a jigagem como método de separação qualitativa dos resíduos minerais com menor quantidade de contaminação (íons solúveis), Estados Unidos (estado da Florida), Áustria e Holanda (JUNGMANN; QUINDT, 1999).

No sentido de avaliar as propriedades tecnológicas importantes dos RCD efetuou-se a amostragem de duas instalações de reciclagem do Estado de São Paulo, sendo uma de grande porte (Itaquera) e outra de pequeno porte (Vinhedo). Amostragens sistemáticas por integração geraram três amostras para estudos detalhados de caracterização dirigidos ao estabelecimento de curvas de separabilidade por densidade e, na seqüência, a caracterização química, física e microestrutural de tais produtos. No presente trabalho serão apresentados os resultados referentes às correlações estabelecidas entre os intervalos de densidades da separação em líquidos densos e as propriedades químicas, físicas e microestruturais relevantes para a reciclagem dos RCD como agregados.

2 USINAS DE RECICLAGEM AMOSTRADAS

As usinas de reciclagem classificam os resíduos em duas classes, de acordo com a sua cor: classe I ou cinza e classe II ou vermelho. O resíduo cinza (Figura 1a) é composto basicamente por componentes de construção de natureza cimentícia e o vermelho (Figura 1b) por materiais cerâmicos, principalmente cerâmica vermelha. Esta classificação é realizada sem qualquer critério tecnológico, entretanto, têm aplicações distintas, de forma que o RCD cinza é utilizado preferencialmente em calçadas, em blocos de concreto e em mobiliários urbanos à base de cimento, como bancos; o vermelho, por sua vez, é empregado principalmente em bases de pavimentos.



Figura 1 - RCD mineral cinza (a) e vermelho (b) da usina de Itaquera

Os estudos foram realizados sobre três amostras de duas diferentes usinas de reciclagem, uma situada na cidade de Vinhedo e outra em São Paulo (Itaquera).

A usina de Itaquera está localizada na área da antiga pedreira Itaquera, zona leste da cidade de São Paulo. Em 2002 a usina operava com capacidade de processar 800 t/dia de RCD, porém esta unidade recebe e processa apenas 400 t diárias (50% da capacidade nominal), sendo que cerca da metade é composta por concreto de demolições e metade por blocos, tijolos e argamassas, resíduos mistos de demolições industriais e de obras de infra-estrutura urbana.

As operações unitárias empregadas são: catação (antes e após a britagem), cominuição em britador de impactos de capacidade de 100 t/h, separação da fração metálica através de separador magnético de baixa intensidade localizado no transportador de correias após a britagem e

classificação granulométrica realizada por peneiramento a seco em peneira inclinada de 3 decks (40, 20 e 4,8 mm). O fluxograma da usina de Itaquera é ilustrado na Figura 2.

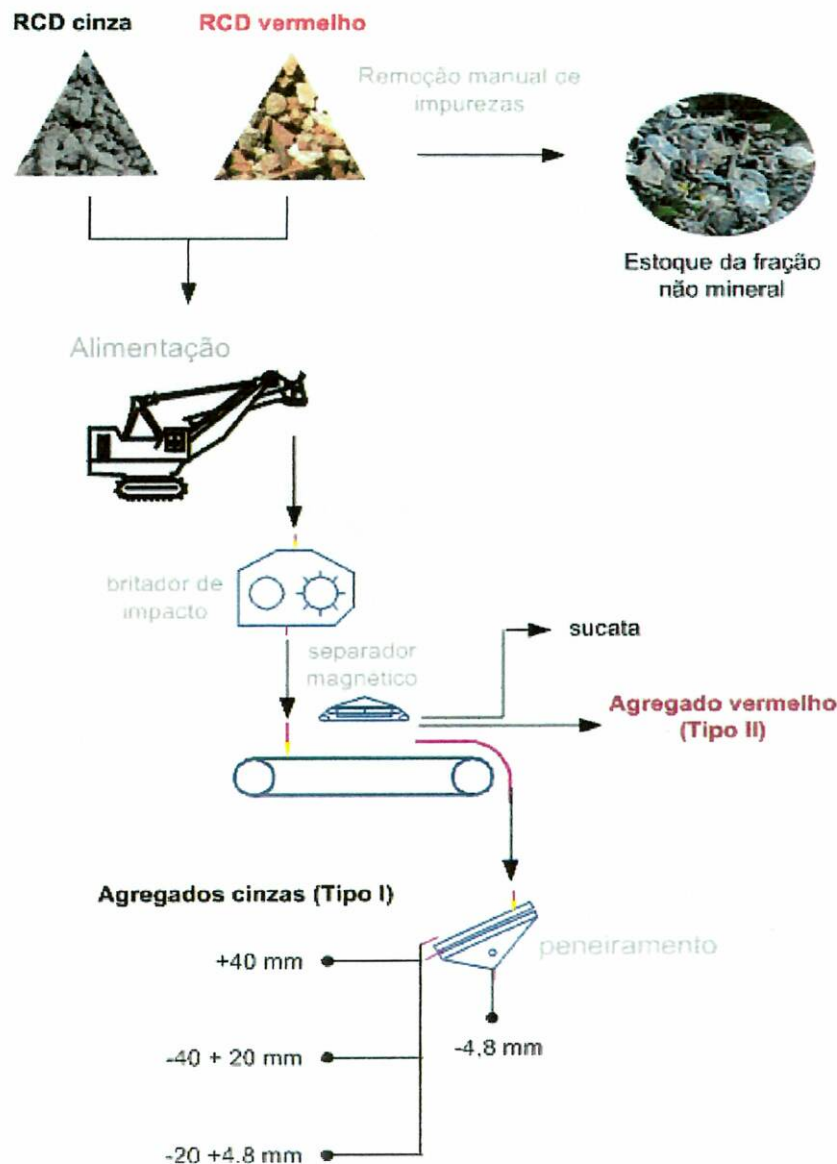


Figura 2 - Fluxograma da usina de reciclagem de Itaquera

A usina de Vinhedo, localizada no interior da capital paulista, é de menor porte que a da capital; sua capacidade de produção é de 52 t/dia de RCD, em que 75% do material recebido é classificado como vermelho (principalmente blocos, tijolos e argamassas) e 25% como cinza (elementos construtivos como contrapiso, viga, bloco, cerâmica vidrada). Em 2002 eram processadas diariamente cerca de 40 t. As operações unitárias são: catação para remoção de

contaminantes e da fração metálica, cominuição em britador de mandíbulas com capacidade de 8 t/h e peneiramento em 3 decks (12,7, 9,5 e 4,8 mm).

A Figura 3 ilustra o fluxograma da usina de Vinhedo, que representa também grande parte das usinas de reciclagem nacionais.

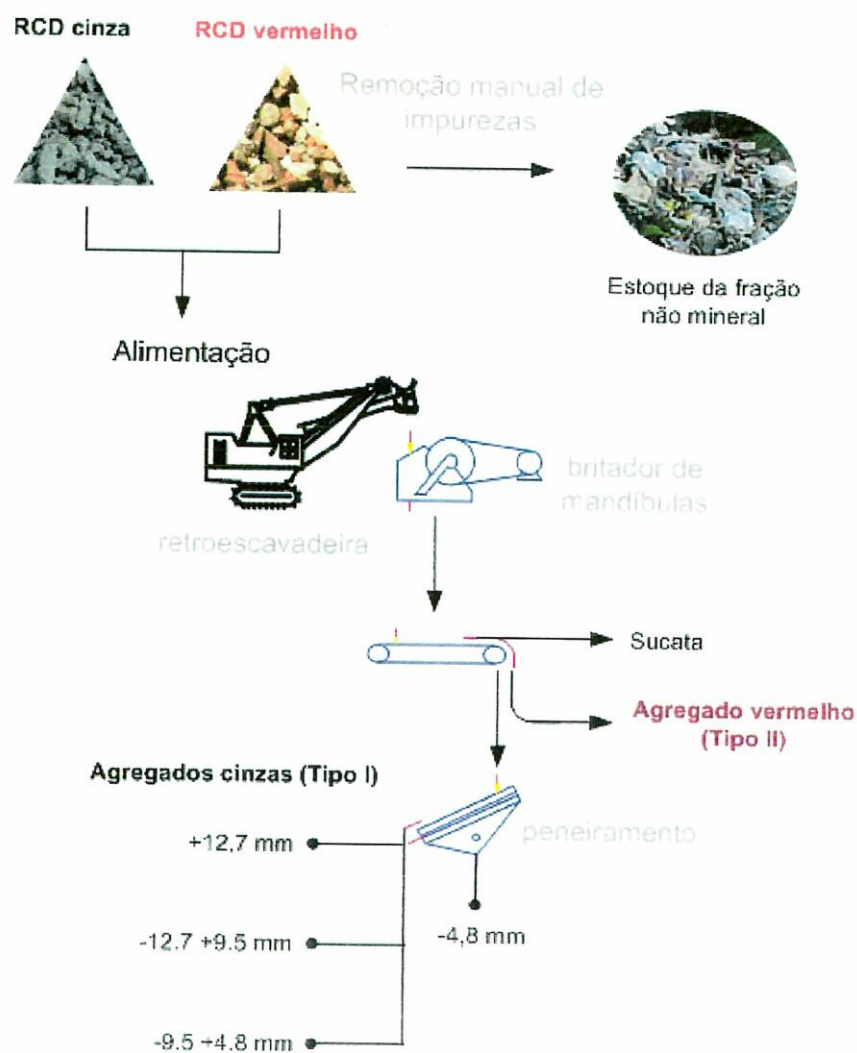


Figura 3 - Fluxograma da usina de reciclagem de Vinhedo

3 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

O procedimento experimental adotado compreendeu as atividades apresentadas esquematicamente na Figura 4 e descritas a seguir.

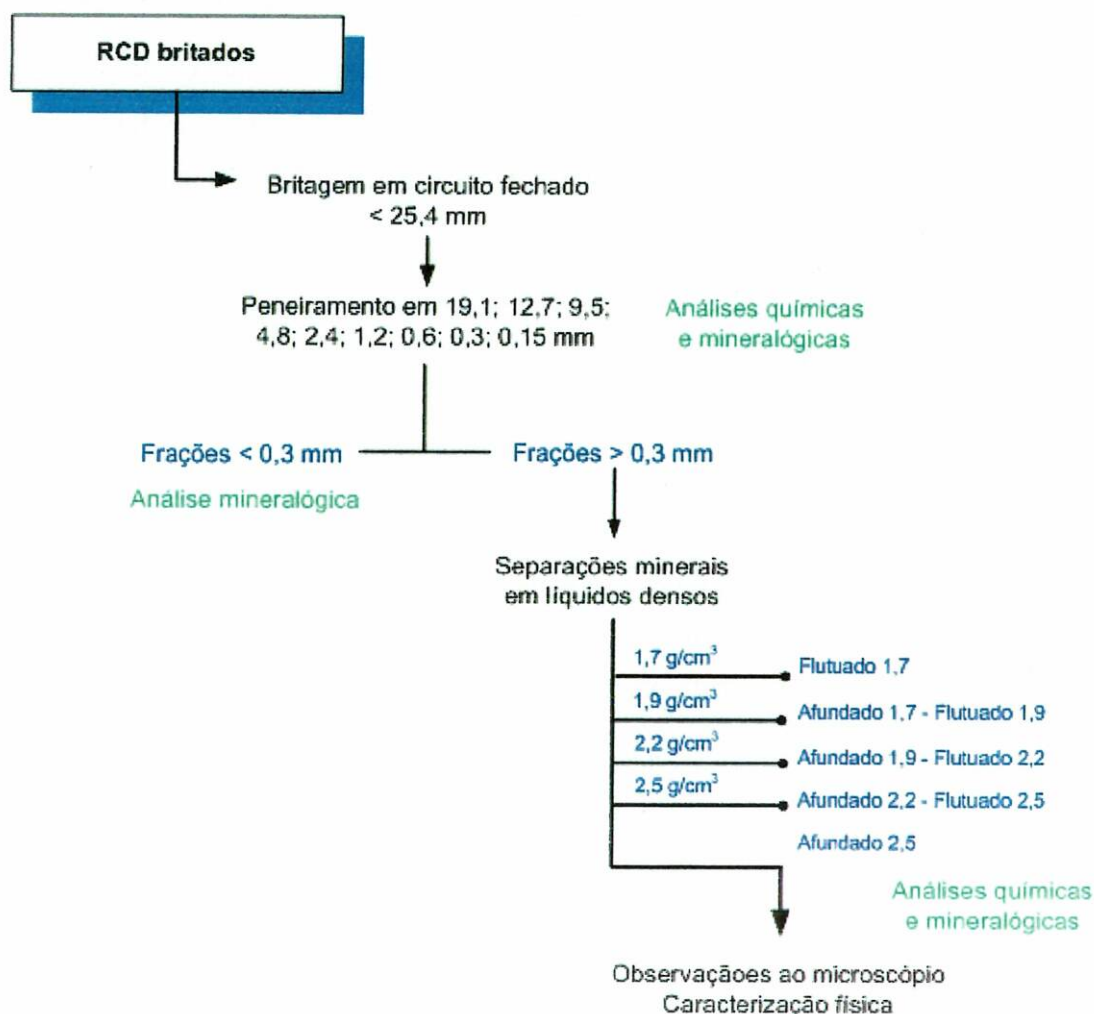


Figura 4 - Procedimento experimental aplicado a RCD britados

- Amostragem de RCD britado em duas usinas de reciclagem do Estado de São Paulo: Itaquera e Vinhedo, com coleta das amostras efetuada na saída da correia transportadora, após a britagem e antes do peneiramento, segundo procedimento conhecido como amostragem sistemática com incrementos em intervalos regulares (LUZ et al., 1998). As amostras foram coletadas durante 20 dias de produção em intervalos regulares de 2 horas; posteriormente, cada amostra foi homogeneizada em de pilha alongada e então

amostrada para a realização do presente estudo (60 a 70 kg), sendo as amostras identificadas por:

- IT-C: Itaquera cinza
 - IT-V: Itaquera vermelho
 - VI-V: Vinhedo vermelho
- Peneiramento em 25,4 mm seguido de britagem da fração retida, em circuito fechado com peneira, até a obtenção de todo o material passante nessa granulometria.
 - Peneiramento a úmido em peneiras de aberturas nominais de: 19,1 mm (3/4"); 12,7 mm (1/2"); 9,52 mm (3/8"); 4,76 mm (4 malhas); 2,38 mm (8 malhas); 1,19 mm (14 malhas); 0,59 mm (28 malhas); 0,297 mm (48 malhas) e 0,15 mm (100 malhas).
 - Separações minerais seqüenciais em líquidos densos das frações acima de 0,3 mm, nas densidades 1,7 e 1,9 g/cm³ (empregando-se solução salina de cloreto de zinco) e nas densidades 2,2 e 2,5 g/cm³ (através de bromofórmio diluído com álcool etílico); obtendo-se os seguintes produtos:
 - flutuado em 1,7 g/cm³
 - afundado em 1,7 e flutuado em 1,9 g/cm³
 - afundado em 1,9 e flutuado em 2,2 g/cm³
 - afundado em 2,2 e flutuado em 2,5 g/cm³
 - afundado em 2,5 g/cm³
 - Análise químicas por espectrometria de fluorescência de raios X (FRX) para determinação dos teores dos principais óxidos e perda ao fogo, além de determinação do teor de resíduos insolúveis via úmida, através da reação com HCl, segundo método de Quarcioni (1998).
 - Caracterização microestrutural de produtos de separações minerais através da combinação de técnicas de microscopia estereoscópica e óptica.
 - Caracterização de propriedades físicas: massa específica real e absorção de água.

3.1.1 *Caracterização microestrutural dos produtos de separações minerais*

Foram realizadas observações ao microscópio estereoscópico em aumentos de 10 a 30 vezes com luz transmitida; este procedimento foi repetido em maiores magnificações ao microscópio óptico de polarização por luz transmitida, com e sem nicóis cruzados, para a fração miúda (-4,8 +

0,3 mm). Foram também coletadas imagens sob iluminação ultravioleta possibilitando uma melhor individualização dos aglomerantes e de suas associações para a fração graúda (-25,4+4,8 mm).

O objetivo foi verificar a influência da separação por densidade na liberação da pasta aderida aos grãos de minerais e não propriamente a identificação das fases minerais e caracterização de suas associações texturais. Para tal foram observados ao microscópio alguns produtos da separação em líquidos densos nos seguintes intervalos de densidade de 1,9-2,2; 2,2-2,5 e maior que 2,5 g/cm³.

As mesmas amostras foram observadas no microscópio estereoscópico em aumentos de 10 a 30 vezes com luz transmitida (iluminação no sentido amostra-objetiva), com e sem nicóis cruzados; este procedimento foi repetido em maiores magnificações no microscópio de polarização por luz transmitida. Foram também coletadas imagens sob iluminação ultravioleta para uma melhor identificação dos aglomerantes e de suas associações.

Os equipamentos utilizados foram estereomicroscópio Zeiss, modelo SV8, microscópio petrográfico Leica, modelo DMRXP.

3.1.2 *Caracterização das propriedades físicas*

A absorção de água foi determinada para os agregados graúdos de RCD segundo o método descrito pela norma NBR 9937 (ABNT, 1987) de agregados convencionais.

Segundo esta norma, cada produto deve permanecer imerso em água por 24 horas para atingir a condição de saturação em água; em seguida, cada partícula é seca com pano até atingir a condição saturada superfície seca (SSS), ou seja, sem umidade superficial. Cada uma destas partículas tem sua massa determinada para a condição de SSS, massa submersa e também a massa seca após 24 h em estufa a 105°C, sendo que a massa submersa é determinada por uma balança hidrostática.

A determinação da SSS para os agregados miúdos foi realizada através de ensaio descrito pela norma ABNT 9777 (ABNT, 1987). A amostra é saturada em água durante 24h, em seguida deve ser seca através da utilização de um ventilador com ar quente até atingir a SSS, condição esta verificada pelo método do cone. Deve-se então determinar a massa na condição de SSS (M_{sss}) e a massa da amostra depois de seca em estufa (M_{seca}).

Uma vez conhecida a massa, determina-se o volume aparente dos agregados miúdos através da medida do volume de água deslocado no frasco de Chapman quando adicionados material sólido na condição de SSS e um volume conhecido de água, conforme NBR 9776 (ABNT, 1987c). O

vácuo é um recurso auxiliar recomendado pela NBR 6508 (ABNT, 1982) para retirar bolhas de ar incorporadas à amostra.

A absorção de água para os agregados graúdos (-25,4+4,8 mm) e miúdos (-4,8 + 0,3 mm) foram determinados segundo a Equação 2.

$$A(\%) = \frac{M_{sss} - M_{sec\ a}}{M_{sec\ a}} \times 100 \quad \text{(Equação 1)}$$

em que:

A (%) é a absorção de água, expressa em porcentagem;

M_{sss} é a massa (em kg), na condição saturada superfície seca;

M_{sec a} é a massa (em kg), secas a 105°C em estufa, durante 24 horas.

A massa específica aparente dos agregados graúdos foi determinada pela Equação 3 e para os miúdos através da Equação 4.

$$MEA_{\text{graúdos}} = \frac{M_{sec\ a}}{M_{sss} - M_{sub}} \quad (\text{kg} / \text{dm}^3) \quad \text{(Equação 2)}$$

$$MEA_{\text{miúdos}} = \frac{M_{sec\ a}}{V_{sólidos} + V_{água}} \quad (\text{kg} / \text{dm}^3) \quad \text{(Equação 3)}$$

em que:

MEA (kg/dm³) é a massa específica aparente

M_{sub} é massa (em kg) das alíquotas, na condição submersa em água

V_{sólidos} é o volume (em mL) deslocado no frasco de Chapman

V_{água} é o volume de água calculado a partir da massa de água absorvida pelo agregado

4 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.1.1 Análise granulométrica

A distribuição granulométrica das frações menores que 25,4 mm é apresentada na Figura 5.

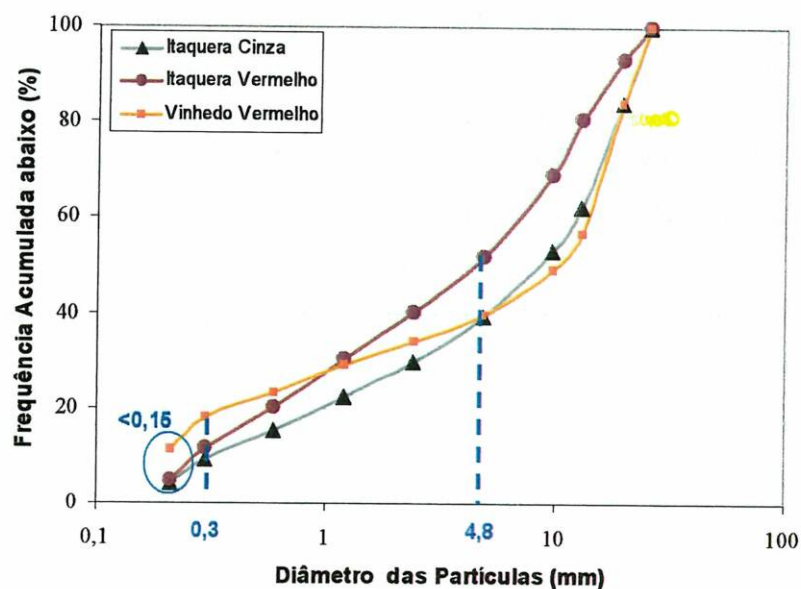


Figura 5 - Fluxograma da usina de reciclagem de Vinhedo

As frações granulométricas maiores que 25,4 mm, representaram aproximadamente 20% da massa para os agregados de RCD reciclados de Itaquera (IT C e IT V) e 45% da massa para os agregados de RCD reciclados de Vinhedo (VI V), e foram rebitadas abaixo dessa granulometria.

A fração miúda (menor que 4,8 mm) representa em torno de 40% da massa dos agregados de RCD reciclados. Embora essa fração não seja comumente utilizada em concretos, dada a magnitude, considera-se que o seu uso é fundamental para a viabilidade técnica das usinas de reciclagem da fração mineral do RCD.

4.1.2 Composição química e mineralógica das frações

Os principais óxidos presentes nos agregados de RCD são SiO_2 , de 65 a 85% nas frações acima de 0,15 mm, decrescendo significativamente para valores próximos a 50% no passante; Al_2O_3 variando de 4 a 18%, com enriquecimento na fração fina e, em menores teores, CaO (1 a 18%), com comportamento semelhante ao da alumina.

A Tabela 1 expressa os teores dos principais óxidos e perda ao fogo para as três amostras estudadas.

Tabela 1 – Composição granuloquímica do RCD

Fração (mm)	SiO ₂			Al ₂ O ₃			CaO			PF		
	ITV	IT C	VI V	ITV	IT C	VI V	ITV	IT C	VI V	ITV	IT C	VI V
-25.4+19.1	65,1	68,4	66,1	9,2	11,2	9,9	9,1	5,8	9,1	7,2	4,9	7,1
-19.1+12.7	65,6	68,6	69,4	8,9	10,2	11,3	9,2	6,5	5,2	7,2	4,6	5,7
-12.7+9.5	67,9	65,3	69,4	8,4	10,1	8,8	8,4	8,2	7,1	8,1	7,0	7,5
-9.5+4.8	66,1	65,6	67,6	9,3	9,3	10,8	8,7	8,8	6,8	8,2	7,6	6,8
-4.8+2.4	66,5	66,9	68,4	8,7	8,7	10,2	8,7	8,9	6,2	9,0	7,8	6,3
-2.4+1.2	67,7	68,7	76,8	8,1	8,6	7,5	8,2	6,8	4,1	8,4	7,9	5,1
-1.2+0.6	71,5	71,6	83,7	7,0	7,6	5,0	7,3	5,3	2,6	6,9	7,5	3,4
-0.6+0.3	75,7	71,6	84,2	5,7	7,4	4,6	6,0	5,2	2,4	7,8	7,8	3,9
-0.3+0.15	68,5	65,7	81,4	7,2	9,5	5,5	7,8	6,7	3,0	10,0	9,4	4,3
-0.15	48,0	48,3	52,2	10,8	12,9	17,2	13,9	11,1	7,8	19,6	19,2	13,9

Os teores dos agregados de Itaquera são muito semelhantes nos intervalos granulométricos, mostrando que a classificação em tipos cinza e vermelho não é seletiva do ponto de vista químico. A dispersão nos teores é mais acentuada quando se compara a composição química dos agregados de Itaquera e Vinhedo, ou seja, os teores dos óxidos analisados são essencialmente influenciados pela origem do RCD.

Do ponto de vista químico, somente os óxidos de sódio e potássio (Na₂O e K₂O), quando solúveis, podem prejudicar a utilização destes agregados de RCD na construção civil no quesito durabilidade, uma vez que podem causar fenômenos de eflorescência e colaborar com reação expansiva de álcali-sílica reativa em componentes a base de cimento ao longo do tempo. Como os teores de álcalis totais bem como os de óxido de ferro ultrapassam 1% deve-se investigar a solubilidade destes para melhor avaliar o emprego desse material como agregado (QUARCIONI et al., 2003).

A sílica, alumina e óxido de cálcio são provenientes dos diversos tipos de silicatos oriundos da pasta de cimento endurecida, dos agregados naturais e de cerâmicas branca ou vermelha. O óxido de cálcio está associado ao aglomerante (pasta de cimento endurecida, cal, gesso etc) presente em componentes construtivos já que quase a totalidade dos agregados é de origem ígnea. Tal situação não será válida para regiões que utilizam agregados de rocha calcária, pois as composições químicas serão significativamente diferentes.

A perda ao fogo varia de 4 a 20% e está essencialmente relacionada à liberação da água de constituição e gás carbônico dos silicatos de cálcio hidratado, cal hidratada ou carbonatos, liberação de água dos argilominerais provenientes dos solos, cerâmicas queimadas abaixo de 500° C e de

rochas naturais como granitos e feldspatos (KLEIN; HURBURT, 1937), assumindo-se que não se tenha água de constituição em cerâmicas queimadas acima de 500°C e em rochas naturais.

A Figura 6 mostra que os teores de perda ao fogo são proporcionais aos teores de CaO e alumina e inversamente proporcionais aos teores de sílica.

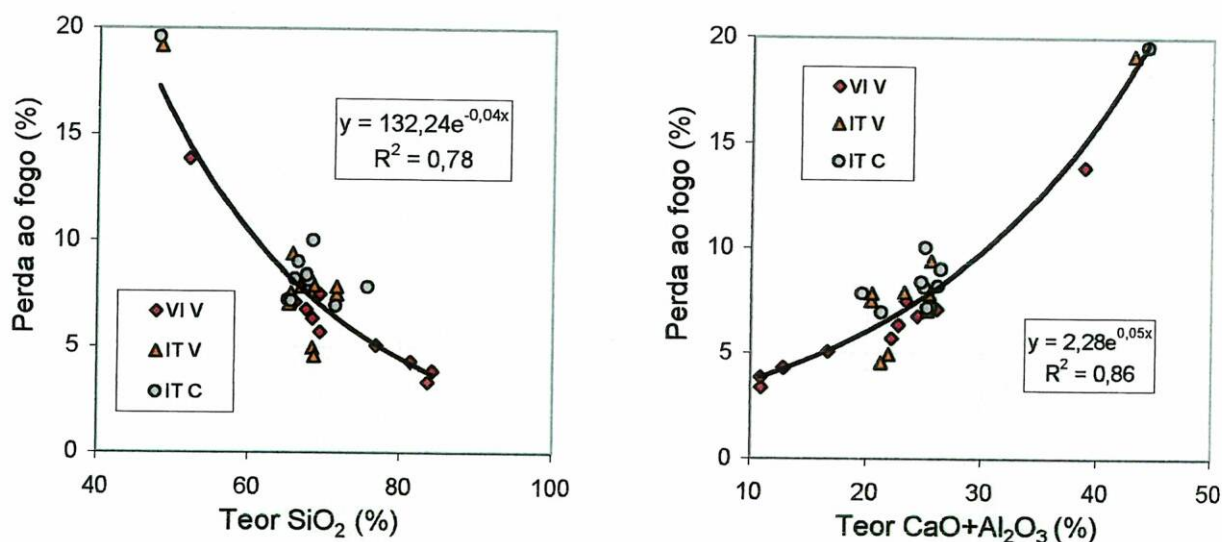


Figura 6 - Relação entre a perda ao fogo e os teores de sílica (a) e a soma dos teores de alumina e óxido de cálcio (b)

A composição mineralógica estimada para as amostras estudadas encontra-se sumariada na Tabela 2 e comparativamente apresentada na Figura 7.

Tabela 2 - Composição mineralógica (em porcentagem) das frações graúda e miúda

Fração	Am.	Feldsp. K	Albita	Quartzo	Mica	Argilm.	Gibsitá	Crisotila	Calcita	Dolomita	Total
Graúdo	IT-C	45	19	10	19	1	nd	nd	6	nd	100
	IT-V	46	20	7	17	4	nd	nd	5	nd	100
	VI-V	42	16	13	18	4	nd	nd	7	nd	100
Miúdo	IT-C	48	18	10	16	3	nd	PP	5	nd	100
	IT-V	40	22	15	16	3	nd	PP	5	nd	100
	VI-V	44	17	12	19	4	nd	PP	4	nd	100
-0,15 mm	IT-C	29	9	12	17	17	2	PP	14	nd	100
	IT-V	32	10	7	17	21	3	PP	10	nd	100
	VI-V	29	11	10	20	20	2	nd	8	nd	100

Nota: Feldsp. K - feldspato potássico; Argilm. - argilominerais; pp - possível presença; nd - não detectado

Proporções minerais estimadas a partir de difração de raios X, método RIR (valores semiquantitativos para fins comparativos)

Ressalta-se que o método utilizado para determinação da composição mineralógica quantitativa (difração de raios X pelo método RIR) pode incorrer em erros significativos, porém, ainda assim a análise qualitativa indica que os minerais componentes das amostras são praticamente os mesmos para os três RCD estudados, ainda que em proporções muito distintas.

Feldspatos, tais como albita e ortoclásio/microclínio são encontrados em todas as frações, bem como calcita, mica (muscovita/biotita/flogopita) e quartzo. Nas frações mais finas ocorre um aumento significativo no teor de argilominerais, tais como caulinita; podem também estar presentes pequenas quantidades de crisotila e gibsita, sendo que os teores de caulinita na fração graúda são indicativos da presença de solo ou cerâmica em condições inadequadas de queima.

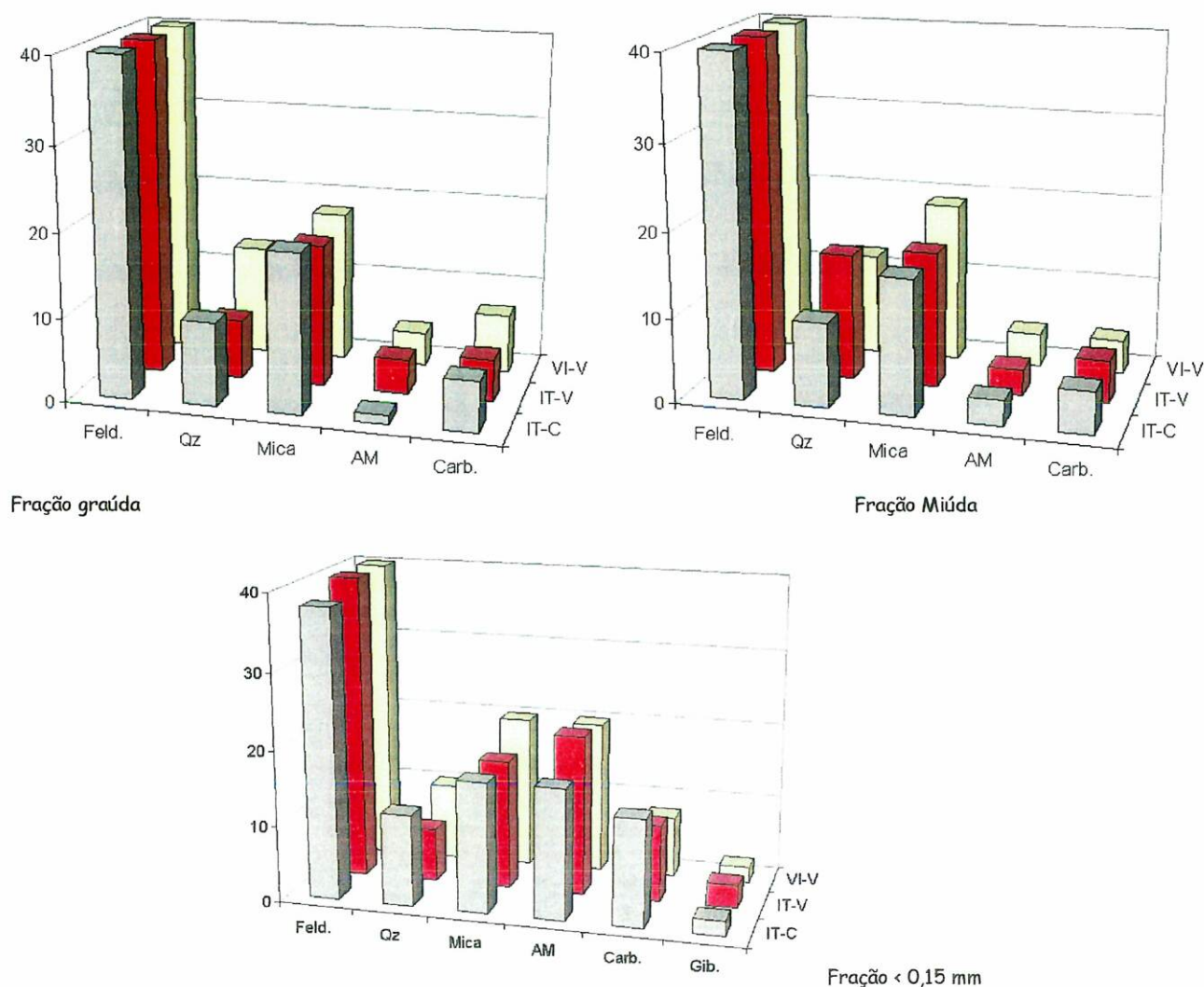


Figura 7 - Comparação entre composições mineralógicas das frações graúda, miúda e finos (< 0,15 mm)

4.1.3 Distribuição de massa por faixa de densidade

A liberação da fração mineral, indicada pela proporção em massa de material nos intervalos de maior densidade, é maior para as frações mais finas; nesse sentido IT-C e IT-V são muito semelhantes, enquanto VI-V apresenta um produto graúdo bastante distinto.

Observa-se um comportamento diferenciado para as frações graúda e miúda, conforme apresentado na Figura 8 e discutido a seguir.

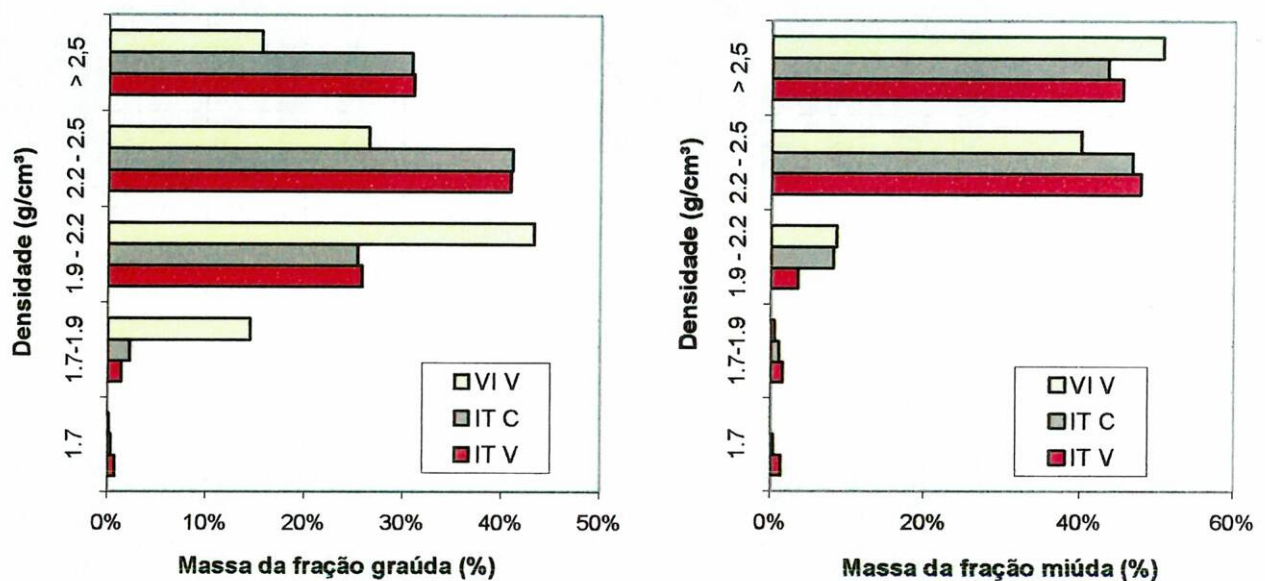


Figura 8 - Distribuição em massa nas densidades de separação

O RCD graúdo vermelho apresenta distribuição em massa distinta para as duas instalações de reciclagem, sendo que o produto de Itaquera apresenta maior proporção de material em densidade superior a $2,2 \text{ g/cm}^3$, podendo, portanto, ser considerado de melhor qualidade em relação ao produto de Vinhedo quanto às propriedades massa específica aparente. Como as propriedades de absorção de água e massa específica estão relacionadas, pode-se inferir que os agregados reciclados de Itaquera são também melhores segundo esse quesito. Dessa forma, a classificação baseada no critério visual (tipos cinza e vermelho) não pode ser empregada para a avaliação da qualidade dos produtos segundo estes parâmetros físicos.

Os produtos miúdos da separação apresentam distribuição semelhante não importando sua origem ou classificação (cinza ou vermelho). Mais de 80% da massa destes produtos se encontram nos intervalos de massa específica acima de $2,2 \text{ g/cm}^3$.

4.1.4 Composição química dos produtos de separação

As Figuras 9 a 11 apresentam um comparativo dos teores dos principais óxidos para cada faixa de densidade analisada.

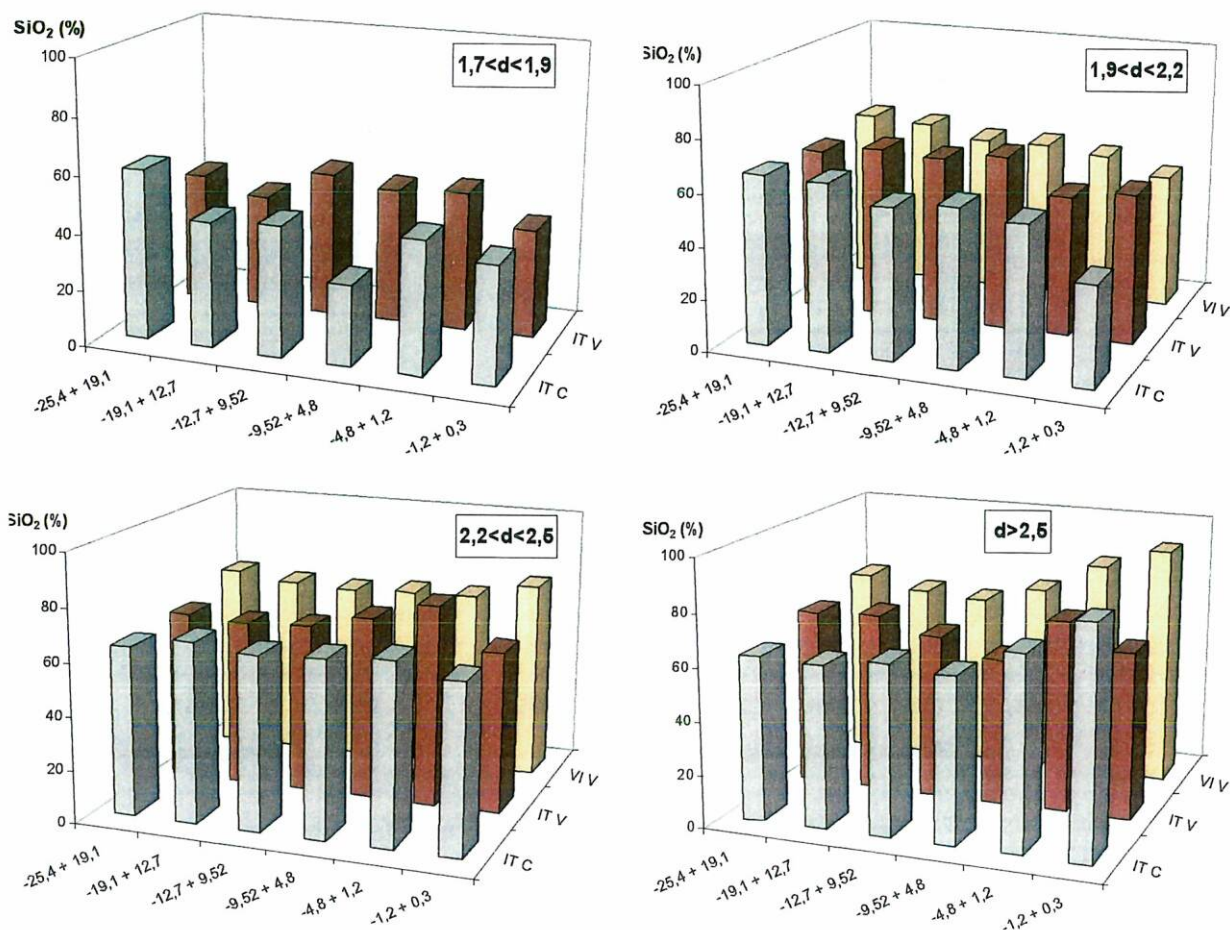


Figura 9 - Comparação entre teores de sílica por faixa de densidade

Para as três amostras estudadas o teor médio de sílica é pouco variável nas densidades superiores a 1,9 cm³ (de 55 a 80% nos produtos de Itaquera e 60 a 90% em VI-V), com notável empobrecimento para o produto 1,7 < d < 1,9 de Itaquera (média de 43%); os teores apresentam poucas variações entre as amostras estudadas, sendo assim infere-se que o teor de SiO₂ é fortemente influenciado pela densidade, mais do que a classe ou origem dos agregados. Destaca-se para o produto d > 2,5 a elevação dos teores nas frações mais finas (aumento do conteúdo de quartzo liberado e fragmentos de rocha).

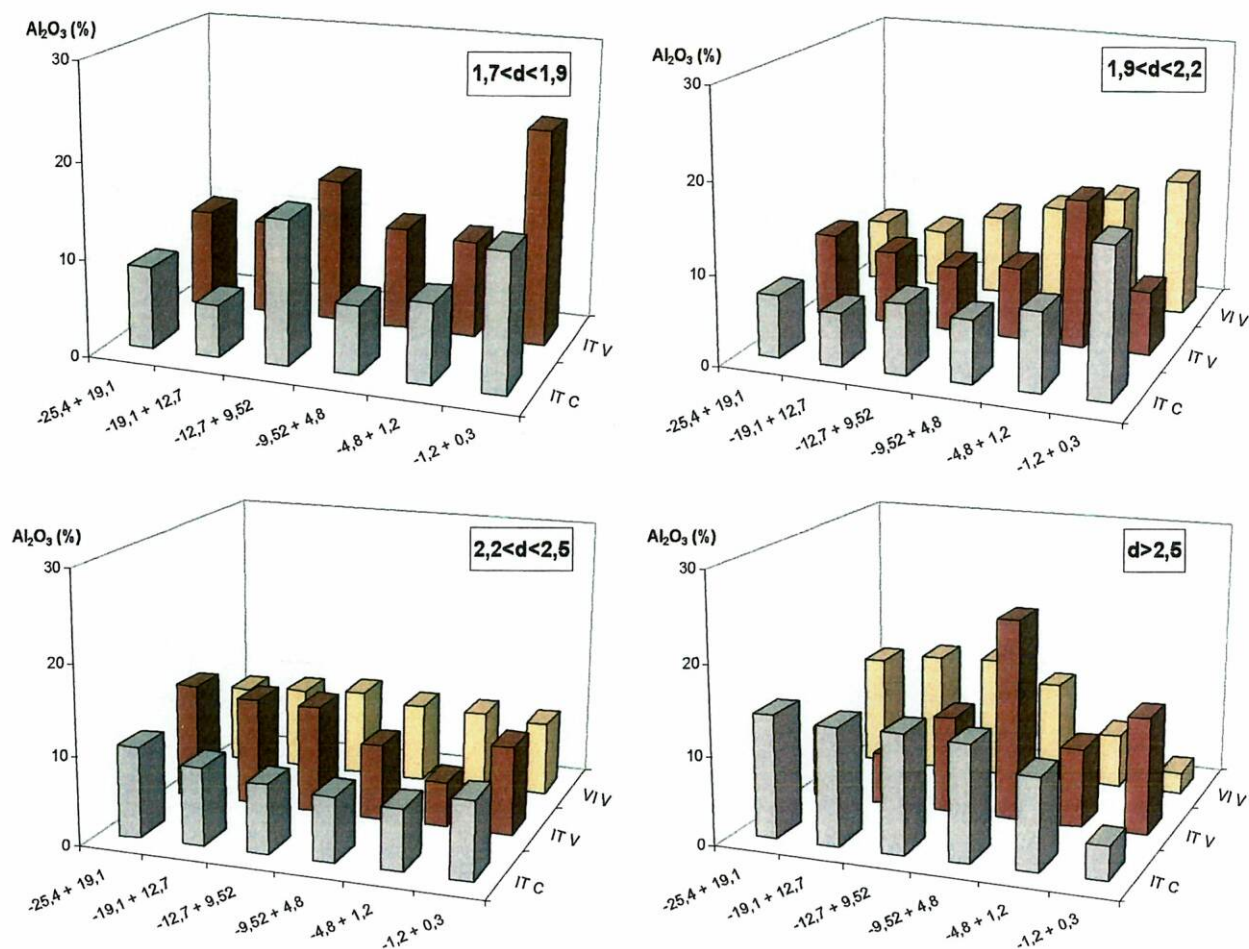


Figura 10 - Comparação entre teores de alumina por faixa de densidade

O produto IT-C e IT-V (teores médios de 6,6 e 10,0% de Al_2O_3 , respectivamente) apresentam um comportamento bastante irregular para os produtos de densidade inferior a $1,9 \text{ g/cm}^3$, com maior enriquecimento de alumina na fração fina, tendência esta também observada para os produtos contidos no intervalo $1,9 < d < 2,2$. Para os produtos $2,2 < d < 2,5$ os teores não apresentam variações tão expressivas na granulometria e são muito semelhantes entre as três amostras estudadas. Os teores de alumina nos produtos mais densos IT-C e VI-V são similares para as frações acima de 1,2 mm e decrescem no passante; já para IT-V os teores apresentam maiores variações, aumentando na fração passante em 1,2 mm e $-9,52+4,8$ mm.

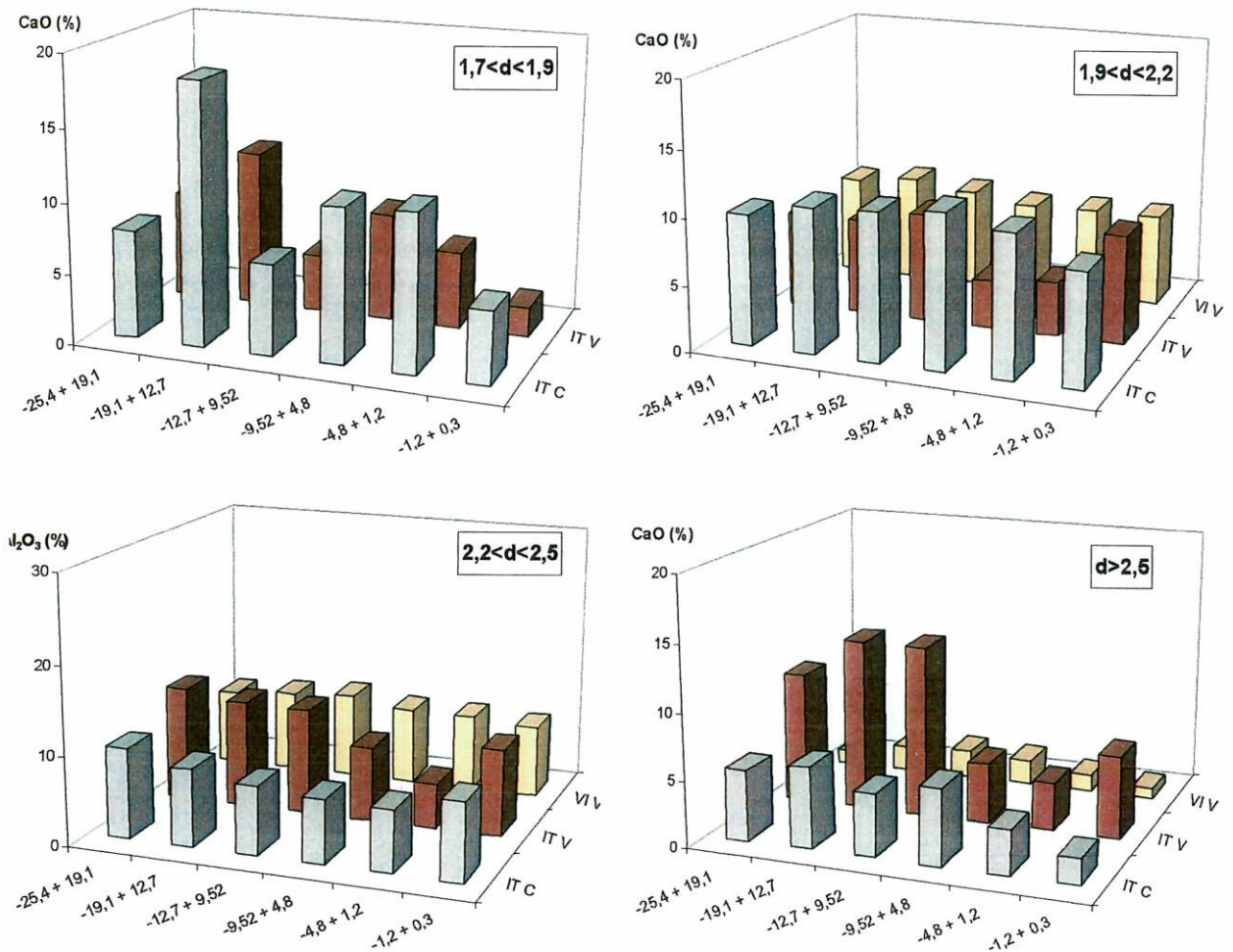


Figura 11 - Comparação entre teores de CaO por faixa de densidade

Os teores de CaO não seguem um comportamento muito regular nas frações granulométricas, sendo que o produto $1,7 < d < 1,9$ apresenta comportamento mais irregular. Nos demais intervalos de densidade IT-C e VI-V apresentam teores de CaO mais homogêneos, decrescentes para os produtos de menor densidade, já IT-V tem um comportamento bastante irregular com notável enriquecimento na fração $-25,4 + 9,52$ mm e $d > 2,5$ g/cm³ e teores significativamente inferiores para os produtos $2,2 < d < 2,5$.

4.1.5 Teor de aglomerantes e perda ao fogo

O granulometria das partículas tem pouca influência sobre o teor de aglomerantes, da mesma forma que a origem (Itaquera ou Vinhedo) ou a classe (cinza ou vermelho) dos RCD, por outro lado varia expressivamente em função da massa específica aparente dos agregados, conforme apresentado na Figura 12.

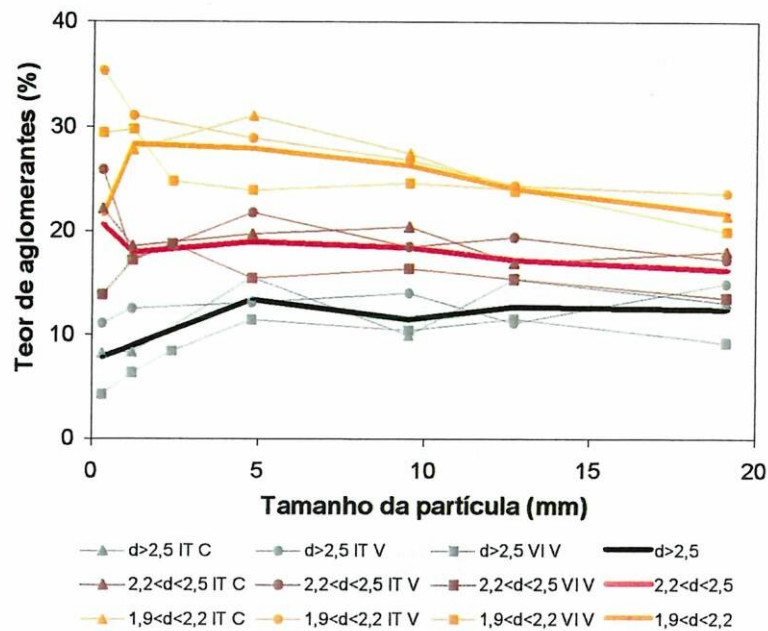


Figura 12 - Relação entre os teores de aglomerantes com a granulometria e as classes de densidade dos RCD de diferentes classes e origem

A mesma tendência é observada para a perda ao fogo, de modo que quanto menor o intervalo de densidade, maior a perda ao fogo, independente da origem, classe ou granulometria do material (Figura 13).

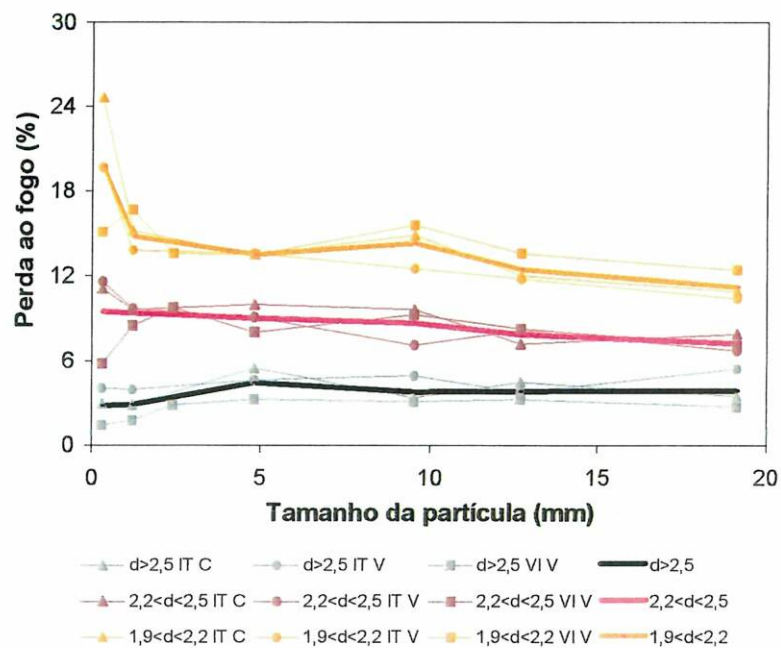


Figura 13 - Comparação entre teores de perda ao fogo por faixa de densidade

Os intervalos de densidade são muito bem caracterizados em função dos teores de perda ao fogo e aglomerantes, entretanto a fração passante em 0,15 mm diferencia-se das demais, sendo esta a que apresenta composição química e mineralógica diferente das demais faixas granulométricas (ULSEN, 2004).

A relação entre a média dos teores de aglomerantes para os três RCD estudados e as faixas de densidades da separação em líquidos densos (massa específica aparente) é apresentada na Figura 14.

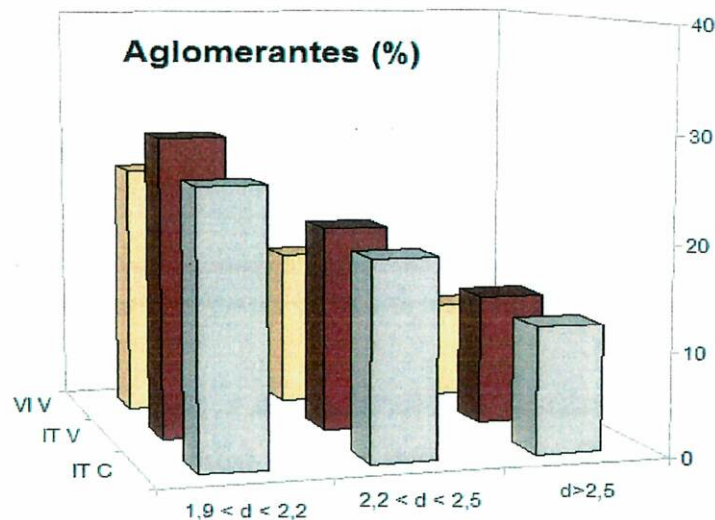


Figura 14 - Teores médios de aglomerantes por intervalo de densidade

Novamente verifica-se que o teor de aglomerantes está diretamente relacionado ao intervalo de densidade de separação. Os agregados de Itaquera são muito semelhantes neste quesito; já o RCD VI-V é o que apresenta menor teor de aglomerantes em todas as faixas densitárias, fato este relacionado à elevada proporção de partículas cerâmicas com reduzida quantidade de pasta.

As Figuras 15 e 16 mostram as correlações entre os teores de sílica, perda ao fogo e aglomerantes para cada intervalo de densidade.

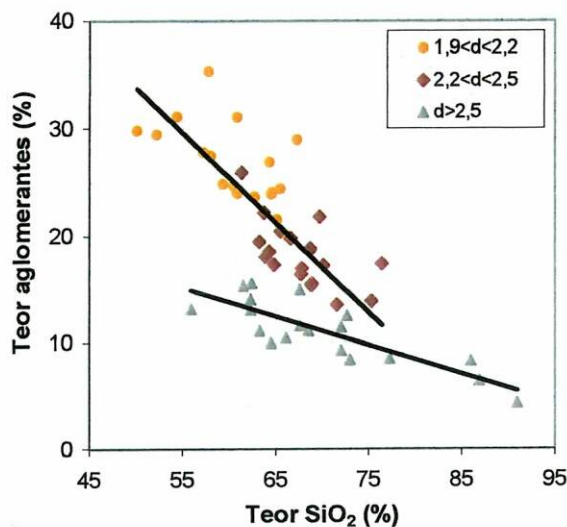


Figura 15 - Relação entre teor de aglomerantes e sílica

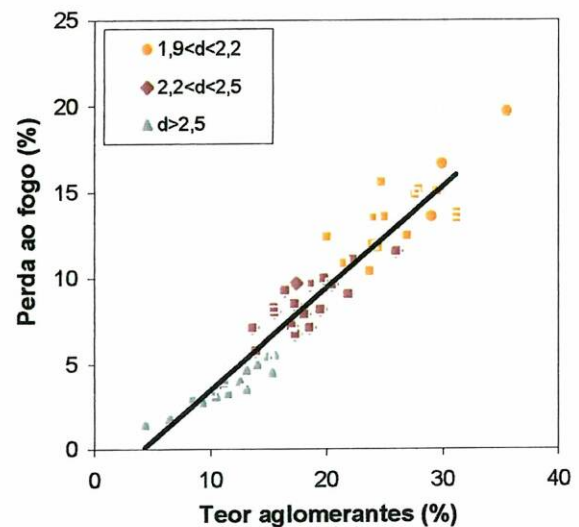


Figura 16 - Relação entre teor de aglomerantes e perda ao fogo

Observa-se um comportamento muito bem definido entre os teores de aglomerantes e os valores de densidade da separação, de modo que os teores de sílica aumentam à medida que os valores de densidade crescem, e os de aglomerantes decrescem. Os produtos de densidade superior a $2,5 \text{ g/cm}^3$ são distintos, à medida que apresentam teores de aglomerantes bastante reduzidos e teores de sílica de até 90%.

Da mesma forma, os valores de perda ao fogo decrescem com o aumento da densidade da separação. Conclui-se, portanto, que a massa específica aparente, representada pela densidade da separação em líquidos densos, está inversamente relacionada com a quantidade de aglomerantes presentes nos agregados reciclados, verificada pelos elevados teores de perda ao fogo e baixos teores de sílica.

4.1.6 *Composição mineralógica dos produtos de separação por densidade*

Os resultados de análise mineralógica por difração de raios X dos produtos gerados nas separações em líquidos densos estão sumariados na Tabela 3 e apresentados comparativamente na Figura 17.

**Tabela 3 - Composição mineralógica dos produtos de separações em líquidos densos:
frações graúda e miúda**

Am.	Produto	Fração	Feld. K	Albita	Quartzo	Mica	Argilm.	Gibsitita	Crisotila	Calcita	Dolomita	
IT-C	1,7 < d < 1,9	Graúdo	18	8	22	17	3	nd	nd	27	5	
		Miúdo	24	12	24	24	5	nd	PP	11	nd	
	1,9 < d < 2,2	Miúdo	28	8	17	28	5	nd	PP	14	nd	
		Graúdo	45	20	7	21	4	nd	nd	3	nd	
	2,2 < d < 2,5	Miúdo	48	18	8	20	3	nd	PP	3	nd	
		Graúdo	51	32	4	11	1	nd	nd	1	nd	
	d>2,5	Miúdo	54	23	5	14	nd	nd	PP	1	3	
		Graúdo	19	7	39	22	2	nd	nd	11	nd	
IT-V	1,7 < d < 1,9	Graúdo	31	10	32	7	5	nd	PP	15	nd	
		Miúdo	37	5	21	16	17	nd	PP	4	nd	
	2,2 < d < 2,5	Graúdo	49	22	10	15	2	nd	nd	2	nd	
		Miúdo	52	18	13	14	3	nd	PP	2	nd	
	d>2,5	Graúdo	51	24	4	17	1	nd	nd	3	nd	
		Miúdo	54	26	4	12	4	nd	nd	nd	nd	
	VI-V	1,7 < d < 1,9	Graúdo	32	4	16	38	10	nd	nd	nd	nd
			Miúdo	28	9	16	33	5	nd	nd	9	nd
1,9 < d < 2,2		Miúdo	36	5	18	31	4	nd	nd	7	nd	
		Graúdo	45	18	11	20	2	nd	nd	4	nd	
2,2 < d < 2,5		Miúdo	48	20	7	19	1	nd	PP	5	nd	
		Graúdo	52	23	3	19	2	nd	nd	1	nd	
d>2,5		Miúdo	55	30	4	6	4	nd	nd	1	nd	
		Graúdo	52	23	3	19	2	nd	nd	1	nd	

Nota: Feldsp. K - feldspato potássico; Argilm. - argilominerais; pp - possível presença; nd - não detectado

Proporções minerais estimadas a partir de difração de raios X, método RIR (valores semiquantitativos para fins comparativos)

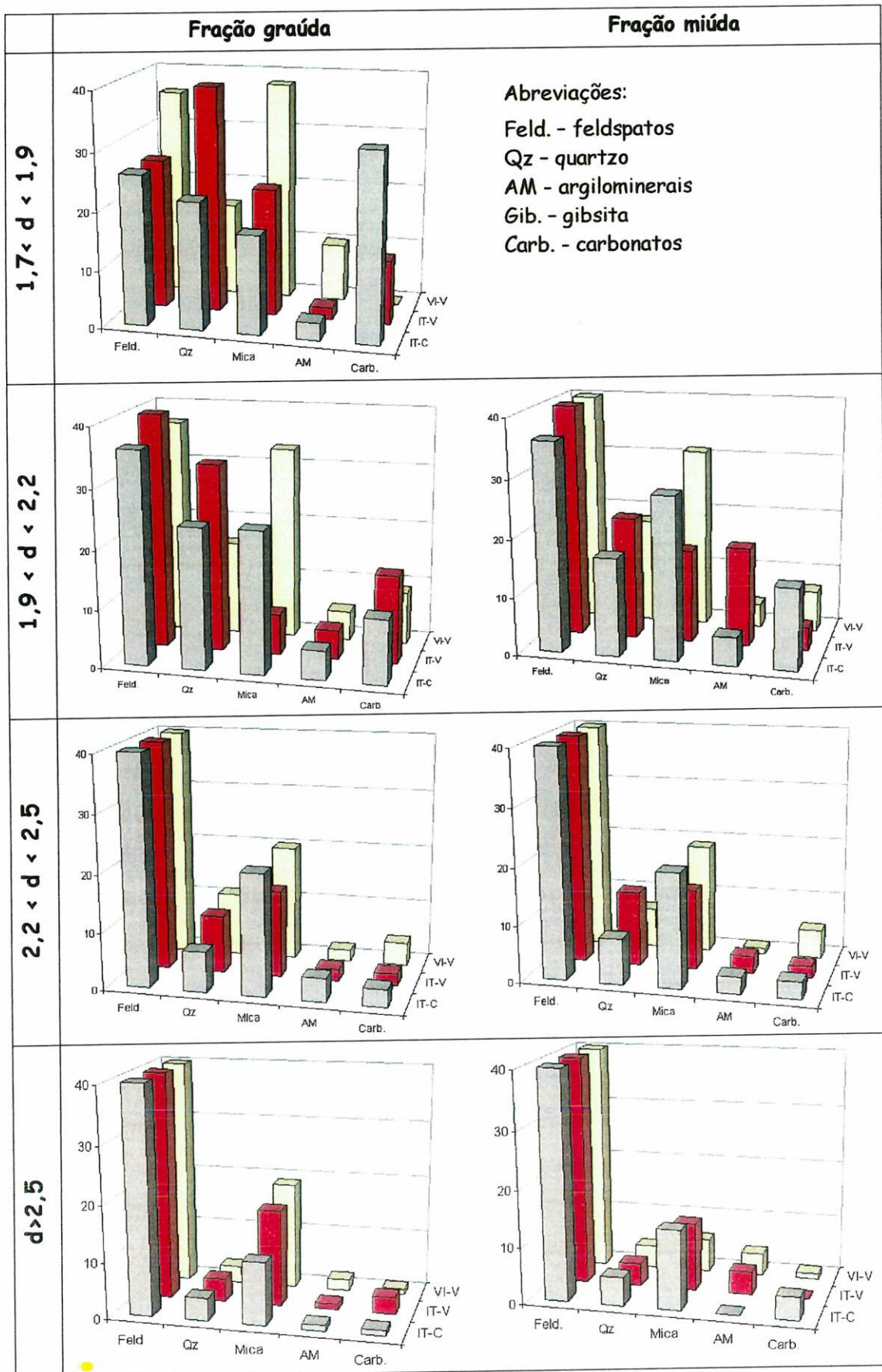


Figura 17 - Comparação entre as composições mineralógicas dos produtos da separações em líquidos densos

As principais fases identificadas foram a) tectosilicatos provenientes de rochas naturais, b) carbonatos e c) filossilicatos (muscovita/biotita/flogopita, merlionita e caulinita). A presença de cerâmica branca ou de adições do cimento, tais como cinza volante, é baixa, visto que não foi identificada mulita nas difrações.

O produto de massa específica aparente menor que $2,2 \text{ g/cm}^3$ se caracteriza pela presença de carbonatos (essencialmente calcita), mica e quartzo. Silicatos hidratados das fases cimentícias não foram detectados por difração, mas estão presentes conforme verificado por Ângulo (2005); estes em conjunto com os argilominerais são os principais responsáveis pelos elevados valores de perda ao fogo.

Para os produtos com massa específica aparente superior a $2,2 \text{ g/cm}^3$ verifica-se um significativo aumento nas proporções de feldspatos (microclínio e albita) e redução de mica, quartzo, argilominerais e carbonatos, indicando presença de agregados naturais (pedra britada). Somado a isso as análises de perda ao fogo e microestruturais confirmam a redução nas proporções de argilominerais e aglomerantes e presença de fragmentos líticos.

4.1.7 *Propriedades físicas*

A massa específica determinada pela picnometria de He é muito semelhante para todos os produtos analisados, independente de granulometria, classe, origem ou massa específica aparente. O método determina a densidade real das partículas, uma vez que considera as partículas minerais e não o agregado propriamente dito; conclui-se que a porosidade é bastante influente na separação em líquidos densos, sendo que os produtos compreendidos entre as faixas de menor densidade são os mais porosos, diminuindo à medida que se aumentam os valores de densidade de corte ou separação.

Entretanto, a massa específica aparente e a absorção de água são propriedades fortemente correlacionadas à densidade da separação em líquidos densos, conforme apresentado nas Figuras 18 e 19. Pode-se inferir, dessa forma, que os produtos vermelho e cinza apresentam qualidades semelhantes quanto às propriedades físicas de agregados, embora seja comum acreditar que os resíduos do tipo cinza apresentem propriedades mecânicas superiores.

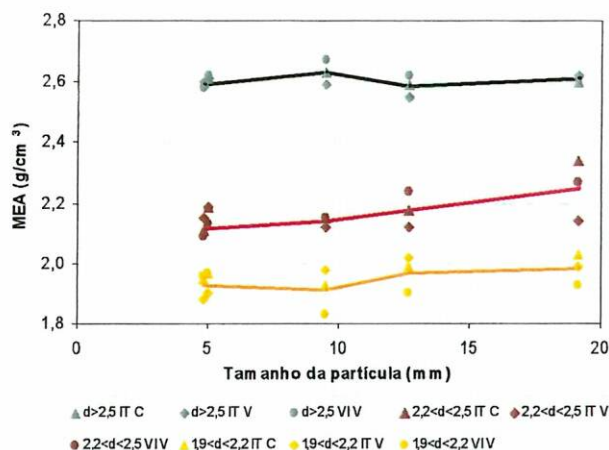


Figura 18 - MEA em função da granulometria e densidade

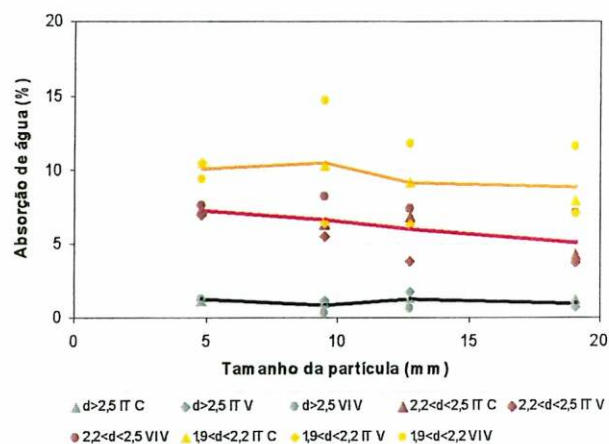


Figura 19 - Absorção de água em função da granulometria e densidade

De acordo com os resultados ora apresentados, uma etapa de separação por densidade pode ser empregada com o objetivo de obter agregados graúdos de melhor qualidade uma vez que mais da metade da massa da massa do RCD (até 70% em Itaquera) possui características físicas (massa específica aparente e absorção de água) em atendimento à especificação Rilem (RILEM, 1994).

4.1.8 Propriedades microestruturais

As observações ao microscópio estereoscópico e óptico permitiram confirmar as relações verificadas entre densidade e quantidade de aglomerantes presentes nos agregados reciclados.

As Figuras 20 e 22 ilustram as seções polidas dos produtos contidos nos intervalos de densidade 1,9-2,2; 2,2-2,5 e maior que 2,5 g/cm³, respectivamente, da fração graúda das amostras IT-C, IT-V e VI-V, sob iluminação ultravioleta.

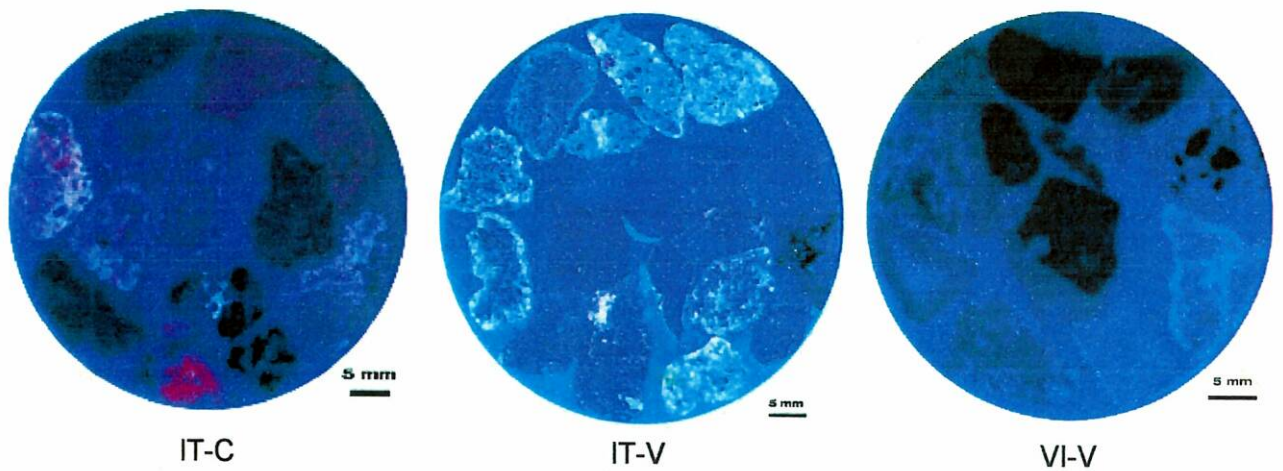


Figura 20 - Seções polidas dos produtos do intervalo de densidade entre 1,9 e 2,2 g/cm³

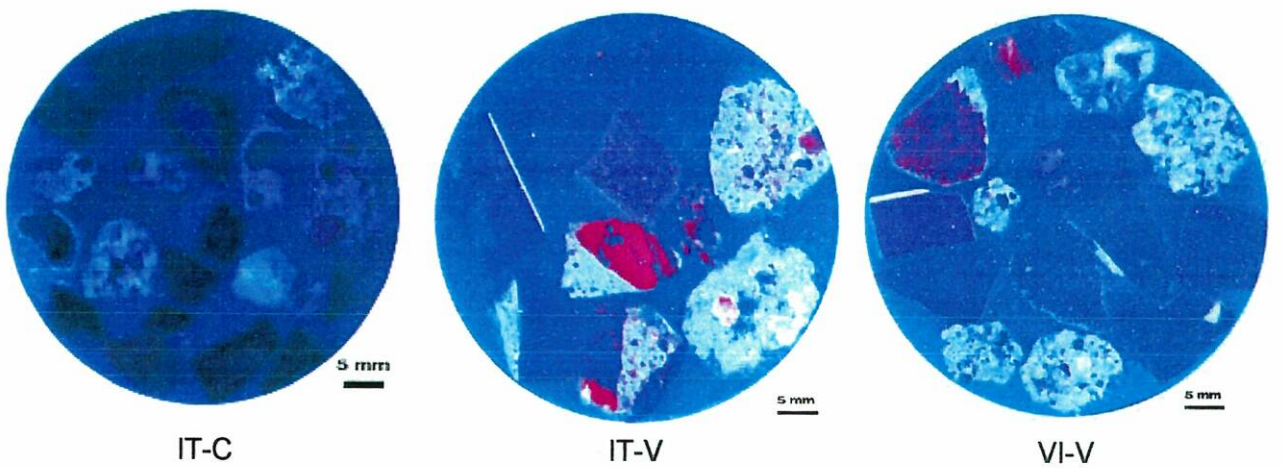


Figura 21 - Seções polidas dos produtos do intervalo de densidade entre 2,2 e 2,5 g/cm³

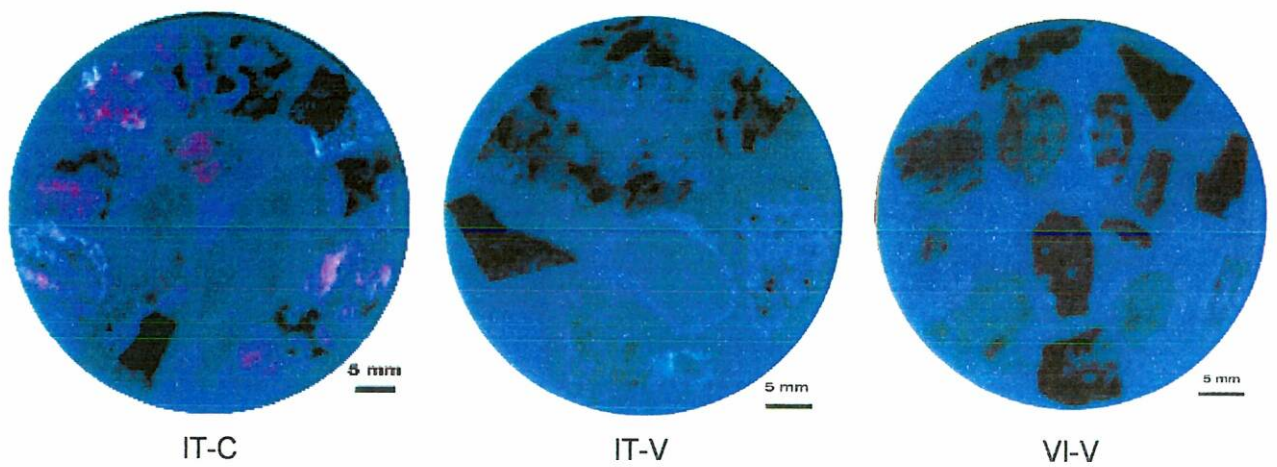


Figura 22 - Seções polidas dos produtos do intervalo de densidade entre 2,2 e 2,5 g/cm³

Os produtos com densidade inferior a $2,2 \text{ g/cm}^3$ apresentam grande quantidade de partículas envoltas por aglomerantes, caracterizadas pela luminescência sob luz ultravioleta. Os produtos de densidade superior a $2,5 \text{ g/cm}^3$ são constituídos por fragmentos de rochas, por vezes associadas a pequenas quantidades de pasta de cimento endurecida e/ou cal aderidas ao contorno dos grãos.

As partículas cimentícias estão normalmente associadas aos elevados teores de aglomerantes e as cerâmicas, por sua vez, quase que isentas de pasta de cimento endurecida. O material de IT-C apresenta grandes quantidades de partículas minerais, muitas delas cimentícias; em contrapartida, VI-V é constituído majoritariamente por material cerâmico (principalmente para $d < 1,9 \text{ g/cm}^3$); IT-V situa-se em uma posição intermediária a ambos.

As Figuras 23 a 25 ilustram as fotografias da fração miúda obtidas no microscópio estereoscópico e ótico de polarização por luz transmitida, dos produtos contidos no intervalo de densidade $1,9-2,2$; $2,2-2,5$ e maior que $2,5 \text{ g/cm}^3$, respectivamente, das amostras IT-C, IT-V e VI-V.

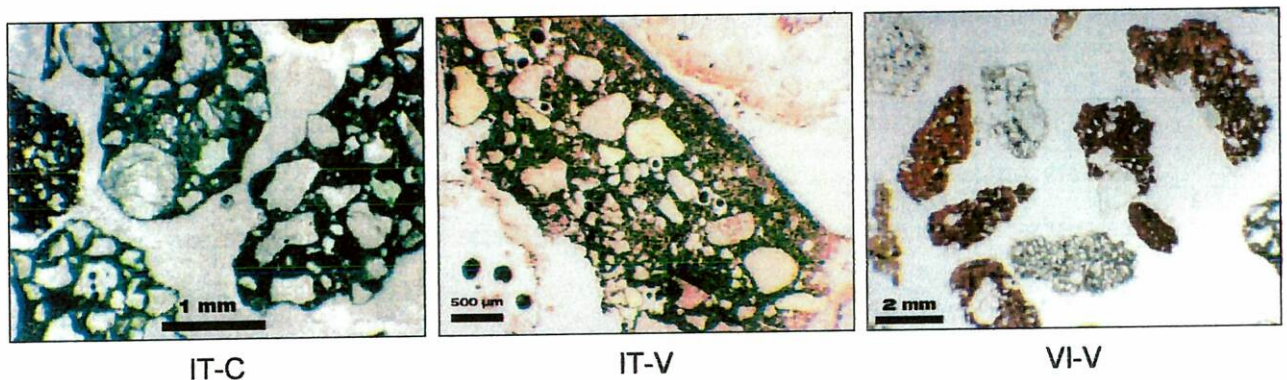


Figura 23 - Microfotografias da fração miúda dos produtos de densidade $1,9-2,2 \text{ g/cm}^3$

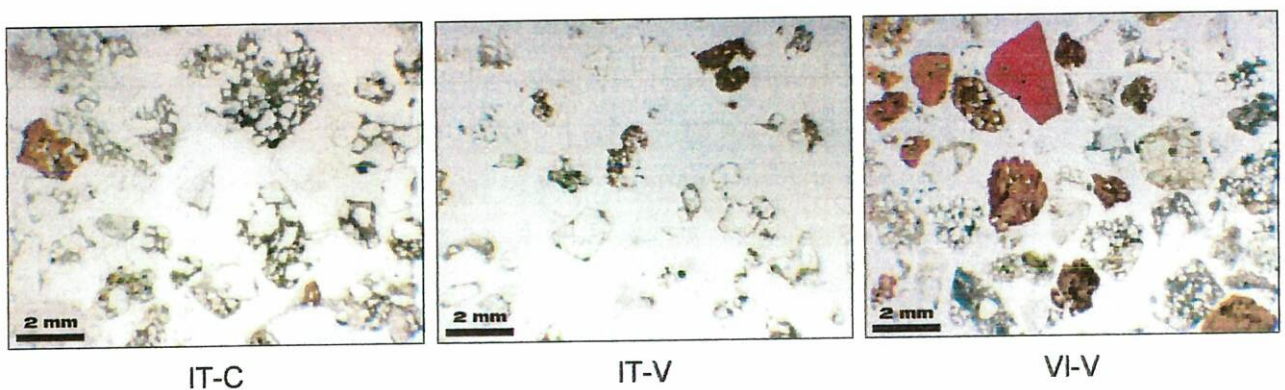


Figura 24 - Microfotografias da fração miúda dos produtos de densidade $2,2-2,5 \text{ g/cm}^3$ de

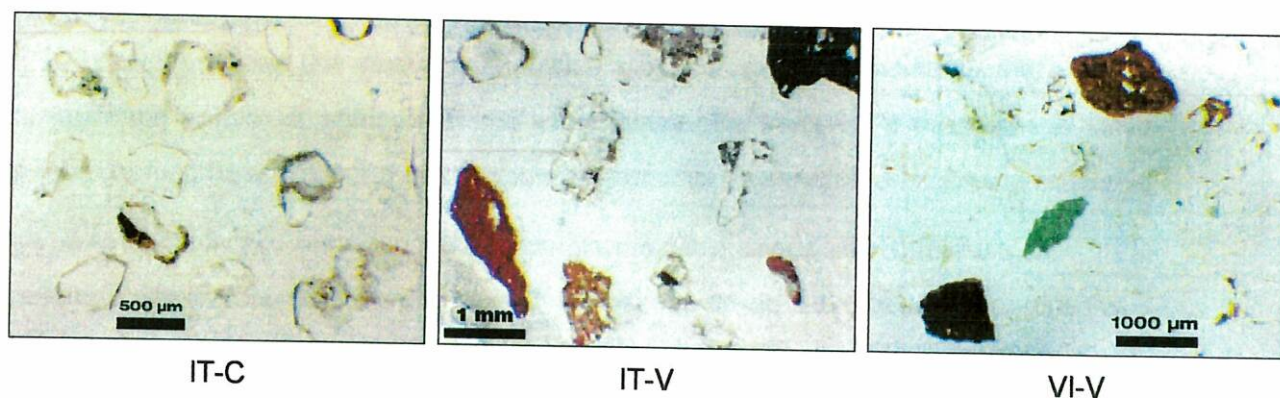


Figura 25 - Microfotografias da fração miúda dos produtos de densidade maior que $2,5 \text{ g/cm}^3$

Para os produtos de densidade $1,9\text{-}2,2 \text{ g/cm}^3$ verifica-se que as partículas de minerais (em cores claras - esbranquiçada) encontram-se envoltas por grande quantidade de aglomerantes (pasta de cimento e cal), caracterizada pelas porções escuras da fotografia, formando uma espécie de conglomerado. VI-V possui uma quantidade muito maior de partículas cerâmicas, estas que, independente da origem do RCD reciclado, encontram-se livres de pasta.

Os produtos de densidade superior a $2,5 \text{ g/cm}^3$ apresentam partículas de minerais praticamente livres de aglomerantes; as porções escuras das fotografias referem-se aos próprios minerais ou agregados; resquícios de aglomerantes são raros e estão restritos ao contorno das partículas. Observa-se também uma menor quantidade de partículas cerâmicas, mesmo em VI-V.

5 CONCLUSÕES

A separação na densidade $1,7 \text{ g/cm}^3$ concentrou junto ao produto flutuado grande parte do material não-mineral presente nos agregados graúdos de RCD reciclados. Desta forma, poderias ser empregada para se avaliar o teor de material não mineral em substituição ao método da catação atualmente empregado nas usinas. Adicionalmente pode ser empregada com o objetivo de se obter agregados graúdos de melhor qualidade para aplicações mais nobres uma vez que mais da metade da massa destes agregados (até 70% em Itaquera) possui características físicas (massa específica aparente e absorção de água) em atendimento à especificação Rilem (RILEM, 1994).

Os resultados de determinação de massa específica aparente e das classes de separação em líquidos densos apresentam valores muito semelhantes, entretanto a massa específica determinada por picnometria de He denota que a densidade real média dos grãos minerais é constante e da ordem

de 2,6-2,7 g/cm³, independente do intervalo de densidade considerado. Assim sendo, as diferenças observadas entre a massa específica real e aparente, não advém dos grãos de minerais e sim de outros fatores (aglomerantes, porosidade). A absorção de água, por sua vez, decresce com o aumento da densidade aparente.

Relacionando as propriedades de massa específica aparente, massa específica real e absorção de água, conclui-se que os produtos de menor densidade apresentam maiores quantidades de aglomerantes (pasta de cimento endurecida e cal) e, da mesma forma, estão relacionados à uma maior porosidade. Tais conclusões reforçam as informações obtidas pela microscopia ótica.

A perda ao fogo (PF) está relacionada à presença de aglomerantes e argilominerais (cerâmica de queima incompleta e solo). A soma dos teores de sílica, alumina, óxidos de ferro é inversamente proporcional à soma dos teores de CaO e PF, indicando que quanto maior a proporção de rochas naturais e cerâmica, menores são os teores de aglomerantes e argilominerais.

A distribuição dos agregados graúdos de Itaquera (IT-C e IT-V) por intervalo de densidade é muito semelhante e distinta de Vinhedo (VI-V), o qual mostra apresenta maior proporção de material abaixo de 2,2 g/cm³. Por outro lado, os produtos de separabilidade da fração miúda apresentam distribuições similares e independentes da origem ou classificação do RCD (cinza ou vermelho), sendo que mais de 80% em massa apresenta massa específica aparente acima de 2,2 g/cm³. Os teores dos principais óxidos e aglomerantes são fortemente influenciados pela densidade aparente do material, não sendo observada influência significativa da origem ou classe do RCD.

Argilominerais e produtos hidratados a base de cimento são responsáveis pelos valores mais elevados de perda ao fogo dos produtos de menores densidades. Os teores de perda ao fogo, bem como de aglomerantes, estão intrinsecamente relacionados à massa específica aparente segundo uma correlação linear inversa, fato este comprovado nas observações ao microscópio ótico.

A qualidade dos agregados pode ser avaliada em função dos valores de massa específica aparente (MEA) e absorção de água; os resultados obtidos mostram uma relação acentuada entre a massa específica aparente do agregado e propriedades físicas citadas acima. Dessa forma, a separação densitária pode ser uma ferramenta eficiente para controlar a qualidade dos agregados reciclados.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 7.211: agregado para concreto. Rio de Janeiro, 1983.
- _____. NBR 10.004: resíduos sólidos: classificação. Rio de Janeiro, 1987a.
- _____. NBR 9.937: agregados: determinação da absorção e da massa específica do agregado graúdo. Rio de Janeiro, 1987c.
- _____. NBR 9.833: concreto fresco: determinação da massa específica e do teor de ar aprisionado pelo método gravimétrico - método de ensaio. Rio de Janeiro, 1997.
- CARNEIRO, A.P. et al. Caracterização do entulho de Salvador visando a produção de agregado reciclado. In: VIII Encontro nacional de tecnologia do ambiente construído, 7. Salvador, 2000. Anais. Salvador, ANTAC, 2000.
- ANGULO, S. C. et al. Desenvolvimento de novos mercados para a reciclagem massiva de RCD. In: Seminário de Desenvolvimento Sustentável e a Reciclagem na Construção Civil, 5, 2002, São Paulo. Anais: São Paulo: IBRACON/IPEN. 2002a. p. 293-307.
- ANGULO, S. C. et al. Metodologia de caracterização de resíduos de construção e demolição. In: Seminário de Desenvolvimento Sustentável e a Reciclagem na Construção Civil, 6, 2003, São Paulo. Anais: IBRACON/IPEN. 2003a. CD-ROM.
- EUROPEAN COMMISSION (EC). Management of construction and demolition waste. 2000. Disponível em: <<http://europa.eu.int/comm/enterprise/environment>>. Acessado em: 13 jul 2004., 2002. (DG ENV E.3).
- FERRAZ, G.R. et al. Estações de classificação e transbordo na cidade de São Paulo. In: Seminário de Desenvolvimento Sustentável e a Reciclagem na Construção Civil, 4, 2001, São Paulo. Anais. São Paulo: IBRACON/IPEN, 2001. p.75-86.
- HENDRIKS, C.F. The building cycle. Holanda: Aeneas, 2000. 231 p.
- JOHN, V.M. Reciclagem de resíduos na construção civil – contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento. 2000. 102p. Tese (livre docência) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2000.
-
- JUNGMANN, A.; QUINDT, J. Alljig - technology for separation of building rubble and other secondary raw materials. In: Global Symposium on Recycling, Waste Treatment and Clean

Technology, 1999, San Sebastian. Proceedings. Warrendale: TMS/NASMET, 1999. p. 367-379.

KLEIN, C.; HURBURT, C. S. Manual of mineralogy. New York: John Willey, 1993.

LUZ, A.B. et al. Tratamento de minérios. 2. ed. Rio de Janeiro: CETEM/CNPq/MCT, 1998. 676p.

PINTO, T.P. Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana. 1999. 189p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1999.

QUARCIONI, V. et al. Proposta de método para determinação de sais solúveis em argamassas endurecidas. In: Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, 5, 2003, São Paulo. Anais. São Paulo: ANTAC, 2003. p. 647-662.

RILEM RECOMMENDATION. Specification for concrete with recycled aggregates. Materials and Structures, n.27, p.557-59, 1994.

SCHNEIDER, D. M. Transporte de resíduos de construção e demolição na cidade de São Paulo. 2003. 103p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2003.

ULSEN, C. et al. Applied Mineralogy characterization of construction and demolition waste from Brazilian recycling plants. In: International Congress on Applied Mineralogy, 8, 2004, Àguas de Lindóia. Proceedings. São Paulo: ICAM, 2004. p. 763-766.

BOLETINS TÉCNICOS - TEXTOS PUBLICADOS

- BT/PMI/001 - Características Geométricas da Escavação Mecânica em Mineração: Exemplo de Escavadora de Caçamba de Arraste - ANTONIO STELLIN JUNIOR
- BT/PMI/002 - Prospecção Geoquímica Experimental na Ocorrência de Ouro Ta perá Grande - PAULO BELJAVSKIS, HELMUT BORN
- BT/PMI/003 - Estudo de Processo de Dupla Flotação Visando o Beneficiamento do Minério Carbonático de Fosfato de Jacupiranga - JOSÉ RENATO BAPTISTA DE LIMA, EDUARDO CAMILHER DAMASCENO
- BT/PMI/004 - Desenvolvimento de um Equipamento Não-Convencional em Beneficiamento Mineral: A Célula Serrana de Flotação Pneumática - RICARDO NEVES DE OLIVEIRA, EDUARDO CAMILHER DAMASCENO
- BT/PMI/005 - Ajuste de Modelos Empíricos de Operação de Ciclones - HOMERO DELBONI JUNIOR, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/006 - Contribuição ao Estudo dos Explosivos Permissíveis - AMILTON DOS SANTOS ALMEIDA, WILDOR THEODORO HENNIES
- BT/PMI/007 - Contribuição ao Dimensionamento de Pilares em Minas Subterrâneas de Manganês - LINEU AZUAGA AYRES DA SILVA, ANTONIO STELLIN JUNIOR
- BT/PMI/008 - Exploração Mineral: Conceitos e Papel do Estado - LUIZ AUGUSTO MILANI MARTINS, EDUARDO CAMILHER DAMASCENO
- BT/PMI/009 - Otimização do Projeto de Pátios de Homogeneização Através do Método da Simulação Condicional - FLAVIO MOREIRA FERREIRA, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/010 - Considerações Gerais sobre Desmonte de Rocha: Análise de Custo - Índice de Produtividade e Otimização da Malha de Perfuração - MARCO ANTONIO REZENDE SILVA, FERNANDO AMOS SIRIANI
- BT/PMI/011 - Aglomeração de Rejeitos de Fabricação de Brita para sua Reciclagem - ARTHUR PINTO CHAVES, BRADDLEY PAUL
- BT/PMI/012 - Método de Dimensionamento de Peneiras para a Classificação Granulométrica de Rochas ou Minérios - FERNANDO AMOS SIRIANI
- BT/PMI/013 - Processo de Beneficiamento para Obtenção de uma Carga Mineral Nobre a partir do Fosfogesso - WALTER VALERY JUNIOR, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/014 - Estudo da Carboxi-Metil-Celulose como Aglomerante para Pelotização - JOSÉ RENATO BAPTISTA DE LIMA, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/015 - A Influência do Amido de Milho na Eficiência de Separação Apatita/Minerais de Ganga Via Processo Serrana - LAURINDO DE SALLES LEAL FILHO, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/016 - Beneficiamento de Criolita Natural - Estado da Arte - HENRIQUE KAHN, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/017 - Estudo da Variação do Índice Energético Específico - W_i , segundo a Granulometria do Ensaio, Obtida através de um Moinho de Bolas Padrão, em Circuito Fechado - MARIO SHIRO YAMAMOTO, FERNANDO AMOS SIRIANI
- BT/PMI/018 - Fluorita - FERNANDO FUJIMURA, WILDOR THEODORO HENNIES
- BT/PMI/019 - O Aproveitamento de Recursos Minerais: Uma Proposta de Abordagem a Nível Nacional - CELSO PINTO FERRAZ, EDUARDO CAMILHER DAMASCENO
- BT/PMI/020 - Comparação de duas Metodologias - A de Bieniawski e a de Panek, para Dimensionamento de Tirantes em Galerias Subterrâneas de Seção Retangular em Camadas Estratificadas - NESTOR KENJI YOSHIKAWA, LINEU AZUAGA AYRES DA SILVA
- BT/PMI/021 - Caracterização de Maciços Rochosos através de Envoltórios de Resistência por Tratamento Estatístico utilizando Dados de Laboratório do IPT Simulando Condições Geotécnicas do Maciço - NESTOR KENJI YOSHIKAWA, WILDOR THEODORO HENNIES
- BT/PMI/022 - Avaliação de Impactos Ambientais na Mineração de Combustíveis Fósseis Sólidos - GILDA CARNEIRO FERREIRA, ANTONIO STELLIN JUNIOR
- BT/PMI/023 - O Lado Nocivo do Elemento Quartzo no Desgaste Abrasivo de Mandíbula de Britadores - FERNANDO FUJIMURA
- BT/PMI/024 - Conceitos Básicos de Iluminação de Minas Subterrâneas - SÉRGIO MEDICI DE ESTON, WILDOR THEODORO HENNIES
- BT/PMI/025 - Sistema Computadorizado para Ajuste de Balanço de Massas e Metalúrgico - ANTONIO CARLOS NUNES, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/026 - Caracterização Mineralógica/Tecnológica das Apatitas de alguns Depósitos Brasileiros de Fosfato - SARA LAIS RAHAL LENHARO, HELMUT BORN

- BT/PMI/027 - Classificação de Maciços quanto à Escarificabilidade - GUILHERME DE REZENDE TAMMERIK, EDUARDO CAMILHER DAMASCENO, LINDOLFO SOARES
- BT/PMI/028 - Análise Comparativa de Métodos de Amostragem de Depósitos Auríferos - FÁBIO AUGUSTO DA SILVA SALVADOR, HELMUT BORN
- BT/PMI/029 - Avaliação da Qualidade de Corpos Moedores para o Minério Fosfático de Tapira - MG - GERALDO DA SILVA MAIA, JOSÉ RENATO B. DE LIMA
- BT/PMI/030 - Contribuição ao Estudo da Cominação Inicial à Partir da Malha de Perfuração - MARCO ANTONIO REZENDE SILVA, WILDOR THEODORO HENNIES
- BT/PMI/031 - Análises Químicas na Engenharia Mineral - GIULIANA RATTI, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/032 - Usos Industriais da Atapulga de Guadalupe (PI) - SALVADOR LUIZ MATOS DE ALMEIDA, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/033 - Minerais Associados às Apatitas: Análise de sua Influência na Produção de Ácido Fosfórico e Fertilizantes Fosfatados - ROBERTO MATTIOLI SILVA, ANTÔNIO EDUARDO CLARK PERES
- BT/PMI/034 - Beneficiamento dos Caulins do Rio Capim e do Jari - ADÃO BENVINDO DA LUZ, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/035 - Dimensionamento de Suportes em Vias Subterrâneas - LINEU AZUAGA AYRES DA SILVA, WILDOR THEODORO HENNIES
- BT/PMI/036 - Estudos da Modelagem Matemática da Moagem com Seixos para Talco de Diversas Procedências - MARIO VALENTE POSSA, JOSÉ RENATO BAPTISTA DE LIMA
- BT/PMI/037 - Mecânica de Rochas Aplicada ao Dimensionamento do Sistema de Atirantamento em Minas Subterrâneas - LEONCIO TEÓFILO CARNERO CARNERO
- BT/PMI/038 - Geometria de Minas a Céu Aberto: Fator Crítico de Sucesso da Indústria Mineral - FÁBIO JOSÉ PRATI, ANTÔNIO JOSÉ NAGLE
- BT/PMI/039 - Substituição do Aço por Polímero e Compósitos na Indústria Automobilística do Brasil: Determinantes e Conseqüências para o Mercado de Minério de Ferro - WILSON TRIGUEIRO DE SOUSA, EDUARDO CAMILHER DAMASCENO, ANTONIO JOSÉ NAGLE
- BT/PMI/040 - Aplicação de uma Metodologia que Simule em Moinho de Laboratório Operações Contínuas de Moagem com Seixos para Talco - REGINA COELI CASSERES CARRISSO, JOSÉ RENATO BAPTISTA DE LIMA
- BT/PMI/041 - A Indústria Extrativa de Rochas Ornamentais no Ceará - FRANCISCO WILSON HOLLANDA VIDAL, ANTONIO STELLIN JÚNIOR
- BT/PMI/042 - A Produção de Fosfato no Brasil: Uma Apreciação Histórica das Condicionantes Envolvidas - GILDO DE A. DE SÁ C. DE ALBUQUERQUE, EDUARDO CAMILHER DAMASCENO
- BT/PMI/043 - Flotação em Coluna - Estado de Arte - JULIO CESAR GUEDES CORREIA, LAURINDO SALLES LEAL FILHO
- BT/PMI/044 - Purificação de Talco do Paraná por Flotação e Alvejamento Químico - IVAN FALCÃO PONTES, LAURINDO SALLES LEAL FILHO
- BT/PMI/045 - Pequena Empresa - A Base para o Desenvolvimento da Mineração - GILSON EZEQUIEL FERREIRA, EDUARDO CAMILHER DAMASCENO
- BT/PMI/046 - Máquinas de Flotação - ROGÉRIO CONTATO GUIMARÃES, ANTÔNIO EDUARDO CLARK PERES
- BT/PMI/047 - Aspectos Tecnológicos do Beneficiamento do Carvão de Candiota (RS) - ANTONIO RODRIGUES DE CAMPOS, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/048 - Efeito das Dimensões de Provetas no Dimensionamento de Espessadores - ELDON AZEVEDO MASINI, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/049 - Água no Processamento Mineral - RODICA MARIA TEODORESCU SCARLAT, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/050 - Drenagens Ácidas do Estéril Piiritoso da Mina de Urânio de Poços de Caldas: Interpretação e Implicações Ambientais - VICENTE PAULO DE SOUZA, LUIS ENRIQUE SÁNCHEZ
- BT/PMI/051 - "Caracterização Tecnológica de Minérios Auríferos. Um Estudo de Caso: O Minério Primário da Jazida de Salamangone, AP." - MARIA MANUELA MAIA LÉ TASSINARI, HENRIQUE KAHN
- BT/PMI/052 - Ensino de Engenharia de Minas - WILDOR THEODORO HENNIES
- BT/PMI/053 - Redistribuição de Tensões e Desenvolvimento da Zona Clástica em Túneis Circulares - FERNANDO FUJIMURA
- BT/PMI/054 - Projeto de Barragem para Reservação de Mistos de Minerais Pesados Rejeitados pelo Beneficiamento de Cassiterita na Mina do Pitinga - MARCELO PIMENTEL DE CARVALHO, EDER DE SILVIO, LINDOLFO DE SILVIO
-
- BT/PMI/055 - A Segurança e a Organização do Trabalho em uma Mineração Subterrânea de Carvão da Região de Criciúma - Santa Catarina - DORIVAL BARREIROS, WILDOR THEODORO HENNIES
- BT/PMI/056 - Diagnóstico de Lixiviação para Minérios de Ouro - VANESSA DE MACEDO TORRES, ARTHUR PINTO CHAVES

- BT/PMI/057 - O Estado da Arte em Tratamento de Minérios de Ouro - RONALDO DE MOREIRA HORTA, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/058 - Vias Subterrâneas em Rocha - Escavação por Explosivos - WILDOR THEODORO HENNIES, LINEU AZUAGA AYRES DA SILVA
- BT/PMI/059 - Aumento da Seletividade na Separação da Fluorita/Calcita/Barita/Apatita por Flotação. Jazida de Mato Preto - PR - MONICA SPECK CASSOLA, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/060 - Desenvolvimento de Processo para Extração de Gálio do Licor de Bayer por Resinas de Troca-Iônica de Poli (Acrilamidoxima) – WALDEMAR AVRITSCHER, LAURINDO DE SALLES LEAL FILHO
- BT/PMI/061 - Estudo de Aspectos Geomecânicos Aplicados ao Projeto de Minas Subter râneas - EDUARDO CÉSAR SANSONE, LINEU A. AYRES DA SILVA
- BT/PMI/062 - Avaliação da Recuperação de Áreas Degradadas por Mineração na Região Metropolitana de São Paulo - OMAR YAZBEK BITAR, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/063 - Avaliação Técnica dos Processos de Cianetação/Adsorção da Mina de Fazenda Brasileiro - ÁUREA MARIA DIAS, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/064 - A Nova Configuração da Indústria de Fertilizantes Fosfatados no Brasil - YARA KULAIF, EDUARDO CAMILHER DAMASCENO
- BT/PMI/065 - Estudos de Flotação em Coluna com Finos de Fosfato da Ultrafertil em Escala Piloto - JOSÉ PEDRO DO NASCIMENTO, LAURINDO DE SALLES LEAL FILHO
- BT/PMI/066 - Flotação da Apatita da Jazida de Tapira - MG - LUIZ A. F. BARROS, LAURINDO DE SALLES LEAL FILHO
- BT/PMI/067 - Minerais Industriais: Conceituação, Importância e Inserção na Economia - FRANCISCO REGO CHAVES FERNANDES, EDUARDO CAMILHER DAMASCENO
- BT/PMI/068 - Atividades Micro-Sísmicas e a Ruptura de Rochas - FERNANDO FUJIMURA
- BT/PMI/069 - Metodologia para Caracterização Tecnológica de Matérias Primas Minerais - LÍLIA MASCARENHAS SANT'AGOSTINO, HENRIQUE KAHN
- BT/PMI/070 - Aplicação de Modelos Numéricos ao Projeto de Escavação por Explosivos de Túneis e Galerias - LUIZ CARLOS RUSILO, LINEU AZUAGA AYRES DA SILVA
- BT/PMI/071 - O Estado da Arte da Cianetação de Minérios Auríferos - ROBERTO GOULART MADEIRA, EDUARDO CAMILHER DAMASCENO
- BT/PMI/072 - Revisão da Indústria Mineral de Titânio - ANTÔNIO HELENO DE OLIVEIRA, EDUARDO CAMILHER DAMASCENO
- BT/PMI/073 - Sistematização de Casos de Instabilidades em Encostas Rochosas no Município de Santos, Através de Nova Metodologia de Avaliação de Estabilidade - NESTOR KENJI YOSHIKAWA, WILDOR THEODORO HENNIES
- BT/PMI/074 - A Mínero-Metalurgia e suas Ligações com a Geologia e suas Engenharias de Minas, Metalúrgica e Química - RICARDO ALVARES DE CAMPOS CORDEIRO, EDUARDO CAMILHER DAMASCENO
- BT/PMI/075 - A Redução da Umidade de Minérios de Ferro com o Emprego de Microondas - FERNANDO LEOPOLDO VON KRÜGER, ANTÔNIO EDUARDO CLARK PERES
- BT/PMI/076 - Estimação de Parâmetros do Modelo Cinético de Moagem - CLÁUDIO FERNANDES, ANTÔNIO EDUARDO CLARK PERES
- BT/PMI/077 - A Bauxita e a Indústria do Alumínio - JOSÉ CRUZ DO CARMO FLÔRES, EDUARDO CAMILHER DAMASCENO
- BT/PMI/078 - Técnicas de Tratamento de Minérios para Reciclagem de Vidro - CLEUSA CRISTINA BUENO MARTHA DE SOUZA, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/079 - Comparação entre Cylpebs e Bolas na Moagem Secundária da Samarco Mineração - JOAQUIM DONIZETTI DONDA, ANTONIO EDUARDO CLARK PERES
- BT/PMI/080 - Calcários Dolomíticos da Região de Ouro Preto para usos na Metalurgia e como Rochas Ornamentais - MARCÍLIO DIAS DE CARVALHO, PAULO ROBERTO GOMES BRANDÃO
- BT/PMI/081 - Estudo de Reoxidação e Redução de Ferro Contido em Caulins - ADÃO BENVINDO DA LUZ, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/082 - Recuperação do Gálio Existente no Licor de Bayer de Poços de Caldas por Flotação Iônica: Estudo dos Coletores - ANA MARGARIDA MALHEIRO SANSÃO, LAURINDO DE SALLES LEAL FILHO
- BT/PMI/083 - Contribuição ao Conhecimento de Argilas de Cuba - GUILLERMO RUPERTO MARTÍN CORTÉS, WIL DOR THEODORO HENNIES
- BT/PMI/084 - Determinação da Rugosidade da Superfície de Descontinuidades Rochosas - JOSÉ MARGARIDA DA SILVA, LINEU AZUAGA AYRES DA SILVA
- BT/PMI/085 - Serragens de Granitos para Fins Ornamentais - ANTONIO STELLIN JR
- BT/PMI/086 – Evolução Magmática e Modelo Metalogenético dos Granitos Mineralizados da Região de Pitinga, Amazonas, Brasil – SARÁ LAIS RAHAL LENHARO, HELMUT BORN

- BT/PMI/087 – Considerações sobre o Dimensionamento de Equipamentos de Carga e Transporte em Mineração a Céu Aberto – IESO DO COUTO COUTINHO, EDUARDO CAMILHER DAMASCENO, GIORGIO FRANCESCO CESARE DE TOMI
- BT/PMI/088 – Tratamento do Minério de Transição de Cobre e Ouro de Igarapé Bahia, Carajás, PA – DACILDO RODRIGUES DE SOUZA, PAULO ROBERTO GOMES BRANDÃO
- BT/PMI/089 – Variáveis que Interferem nos Problemas Ambientais Gerados Durante os Desmontes de Rochas – VALDIR COSTA E SILVA, LINEU AZUAGA AYRES DA SILVA
- BT/PMI/090 – Caracterização Mineralógica do Minério de Cobre e Ouro Secundário de Igarapé Bahia – LUIS RODRIGUES ARMÔA GARCIA, PAULO ROBERTO GOMES BRANDÃO
- BT/PMI/091 – O Topázio na Região de Ouro Preto: Minas do Vermelhão e Capão do Lana – JAIR MAZON JÚNIOR, HELMUT BORN
- BT/PMI/092 – A Mineralização Aurífera de Fazenda Brasileiro – BA Aspectos Geológicos e Planejamento de Lavra – MARCO ANTONIO DE MORAES SILVA, HELMUT BORN
- BT/PMI/093 – Estudo dos Mecanismos de Adsorção em Meio Ácido dos Metais Chumbo e Zinco em uma Turfa de Jaconé – RJ – MARIA DIONÍSIA COSTA DOS SANTOS, LAURINDO DE SALLES LEAL FILHO
- BT/PMI/094 – Cartografia de Riscos Geológicos Associados a Escorregamentos no Município de Embu – RMSP – CÉLIA MARIA GARIBLADI, LINDOLFO SOARES
- BT/PMI/095 – Revisão da Teoria para Projeto de Taludes Heterogêneos em Minas a Céu Aberto – FLÁVIO MOREIRA FERREIRA, LINEU AZUAGA AYRES DA SILVA
- BT/PMI/096 – Estratégias para Remediação de um Sítio Contaminada por Metais Pesados: Estudo de Caso – JOSÉ ÂNGELO SEBASTIÃO ARAUJO DOS ANJOS, LUIS ENRIQUE SÁNCHEZ
- BT/PMI/097 – Estudo dos Elementos Abrasivos de Fios Diamantados para a Lavra de Granitos do Ceará – FRANCISCO WILSON HOLLANDA VIDAL, ANTONIO STELLIN JÚNIOR
- BT/PMI/098 – Caracterização Mineralógica do Depósito de Terras no Complexo Alcalino – Carbonatítico de Barra do Itapirapuã (SP/PR) – Área de Detalhe I – Maria de Lourdes Lorenzi, Henrique Kahn
- BT/PMI/099 – Considerações sobre a Seleção de Equipamentos para o Transporte de Minérios – ALEXANDRE DE SANT'ANNA, WILDOR THEODORO HENNIES
- BT/PMI/100 – Desgaste Abrasivo em Britadores de Mandíbulas – NILSON MAR BARTALINI, FERNANDO FUJIMURA
- BT/PMI/101 – Viabilidade do Emprego de Finos de Basalto em Concreto Compactado a Rolo – KLEBER DA SILVA MENDES, LINDOLFO SOARES
- BT/PMI/102 – Sistema Especialista para o Processamento de Minérios de Ouro – VANESSA DE MACEDO TORRES, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/103 – Desenvolvimento de Eletrodos de Pasta de Carbono Modificados com a Resina Poliamidoxima (ES -346) para a Determinação Potenciométrica de Gálio – MARCO ROGÉRIO BARRIOS, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/104 – Desenvolvimento de Processo para o Aproveitamento do Feldspato Contido em Finos de Pedreira de Nefelina Sienito – PAULO FERNANDO ALMEIDA BRAGA, LAURINDO DE SALLES LEAL FILHO
- BT/PMI/105 – Os Recursos Minerais e a Economia Internacional: Uma Reavaliação das Teorias – FRANCISCO REGO CHEVES FERNANDES, EDUARDO CAMILHER DAMASCENO
- BT/PMI/106 – Importância dos Aspectos Geológico-Geotécnicos em Obras Implantadas na Serra do Mar – Uma Metodologia de Manutenção Preventiva – ORIOVALDO CUNHA MARTINEZ, FERNANDO FUJIMURA
- BT/PMI/107 – Lixiviação e Adsorção em Fazenda Brasileiro – CVRD: Uma Questão de Produtividade – ÁUREA MARIA DIAS GOMES, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/108 – Análise Quantitativas por Difração de Raios-X em Engenharia Mineral – Aplicação dos Métodos de Rietveld e do Padrão Interno – GABRIELA CAMPOS FRONZAGLIA, HENRIQUE KAHN
- BT/PMI/109 – Avaliação das Principais Causas de Acidentes em Barragens de Contenção de Rejeitos Devido a Fatores Geológicos e Geotécnicos – FERNANDO IVAN VÁSQUEZ ARNEZ, LINDOLFO SOARES
- BT/PMI/110 – Problemas Relacionados a Tensões Naturais Durante a Lavra de Rochas Ornamentais – HUGO ANTONIO MERCONCHINI VEGA, LINEU AZUAGA AYRES DA SILVA
- BT/PMI/111 – Sistemas de Classificação na Análise da Estabilidade de Taludes em Maciços Brandos – ANDREA CRISTINA Y. DE MATTOS, LINDOLFO SOARES
- BT/PMI/112 – Metodologia para Amostragem de Material Particulado em Suspensão (MPS) – IVO TORRES DE ALMEIDA, SERGIO MÉDICI DE ESTON
- BT/PMI/113 – Viabilização da Recuperação de Ouro de Minério Primário por Lixiviação em Pilha Mediante o uso de Britadores não Convencionais: Um Estudo de Caso: O Minério Primário da Mina de Almas -PaioI, TO – SALOMÃO SOLINO EVELIN, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/114 – Aplicação de Aditivos Químicos à Filtragem de Polpas de Minerais – LUIZ GUSTAVO ESTEVES PEREIRA, LAURINDO DE SALLES LEAL FILHO

- BT/PMI/115 – Proposta de Gerenciamento Ambiental de uma Área Degradada nos Municípios de Mauá e Ribeirão Pires – Região Metropolitana de São Paulo – ÁLVARO GUTIERREZ LOPEZ, LUIZ ENRIQUE SÁNCHEZ
- BT/PMI/116 – Experiência de Gerenciamento da Reforma e Adequação de um Moinho de Bolas de 4000 HP para nova Aplicação – AROLDO DUTRA GARCIA, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/117 – Efeitos da Viscosidade no Processo de Deslamagem com Microciclones em Polpa Não -Newtoniana de Rocha Fosfática – MARIO VALENTE POSSA, JOSÉ RENATO BAPTISTA DE LIMA
- BT/PMI/118 – Caracterização Tecnológica de Depósitos de Cromita da Província de Camagüey, República de Cuba – JULIÁN ANDRÉS MÉNDEZ GARCÉS, HENRIQUE KAHN
- BT/PMI/119 – Garimpo de Ouro no Brasil: Desafios da Legalização – MARIA LAURA TAVEIRA DA MOTA GERALDES DE CARVALHO BARRETO, EDUARDO CAMILHER DAMASCENO
- BT/PMI/120 – Contribuição ao Projeto de Reatores de Ácido Fosfórico para Processamento de Concentrados Apatíticos Brasileiros – ROBERTO MATTIOLI SILVA, EDUARDO CAMILHER DAMASCENO
- BT/PMI/121 – Lixiviação em Pilhas de Minérios Oxidados de Cobre – GEYSA SANTOS DE PONTES PEREIRA, ELDON AZEVEDO MASINI
- BT/PMI/122 – Produção de Agregado como Alternativa para Produtores de Corretivo de Solo da Grande Curitiba – PLINIO CRISTIANO CAMBOIM DE OLIVEIRA, ANTÔNIO JOSÉ NAGLE
- BT/PMI/123 – A Competitividade da Mineração Nacional com Ênfase no Minério de Ferro – GILSON EZEQUIEL FERREIRA, EDUARDO CAMILHER DAMASCENO
- BT/PMI/124 – Aplicação de Turfa na Recuperação de Solos de Degradados pela Mineração de Areia – JOSÉ GUILHERME FRANCHI, JOSÉ RENATO BAPTISTA DE LIMA
- BT/PMI/125 – Aproveitamento de Materiais Fosfáticos Marginais para a Produção de Fertilizantes Organo-Fosfatados – CARLOS ALBERTO IKEDA OBA, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/126 – Abordagem Participativa na Gestão de Recursos Minerais – CARLOS C. PEITER, ROBERTO C. VILLAS BÔAS
- BT/PMI/127 – A Importância dos Condicionantes Geológicos-Geotécnicos na Recuperação de Áreas Degradadas por Lavra de Minas a Céu Aberto – RICARDO DEGUTI DE BARROS SILVA, FERNANDO FUJIMURA
- BT/PMI/128 – Determinação de Indicadores de Impactos Ambientais Cumulativos Decorrentes da Mineração de Areia no Vale do Paraíba Através de Geoprocessamento – EDER LUIZ SANTO, LUIS HENRIQUE SÁNCHEZ
- BT/PMI/129 – Tecnologia de Corte de Rocha Ornamental com Fio Helicoidal – FERNANDO FUJIMURA, ANTONIO STELLIN JUNIOR
- BT/PMI/130 – Diagnóstico da Degradação do Meio Físico e Proposição de Medidas de Recuperação em Áreas de Mineração Abandonadas na Bacia do Guarapiranga, Região Metropolitana de São Paulo – MARIA MARTA TEIXEIRA VASCONCELOS, LUIS ENRIQUE SANCHEZ
- BT/PMI/131 – A Integração Competitiva do Setor Mineral Brasileiro no Cenário Internacional Estudo de Caso: O Setor de Aços Especiais Inoxidáveis – MANOEL RODRIGUES NEVES, EDUARDO CAMILHER DAMASCENO
- BT/PMI/132 – Contribuição à Implantação de um Novo Pólo de Fertilizantes no Nordeste do Brasil – GILDO DE ARAÚJO SÁ C. DE ALBUQUERQUE, EDUARDO CAMILHER DAMASCENO
- BT/PMI/133 – Metodologia Construtiva do Poço de Produção da Mina Fazenda Brasileiro – LEONCIO TEÓFILO CARNERO CARNERO, FERNANDO FUJIMURA
- BT/PMI/134 – Aproveitamento de Finos Gerados nas Ferragens de Mármore e Granitos – IVAN FALCÃO PONTES, ANTÔNIO STELLIN JÚNIOR
- BT/PMI/135 – Aspectos Hidrodinâmicos na Flotação de Partículas Grossas – WENDEL JOHNSON RODRIGUES, LAURINDO DE SALLES LEAL FILHO
- BT/PMI/136 – Aproveitamento de Rejeitos de Pedreiras de Santo Antônio de Pádua – RJ para Produção de Brita e Areia – SALVADOR LUIZ DE MATOS DE ALMEIDA, LAURINDO DE SALLES LEAL FILHO
- BT/PMI/137 – Análise Crítica do Desenvolvimento de Processos de Cianetação em Tanques Agitados – RINALDO PEDRO NARDI, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/138 – A Utilização de Finos de Pedreira em Solo-Cimento Ensacado – EDILSON PISSATO, LINDOLFO SOARES
- BT/PMI/139 – Dessulfuração de Finos de Carvão de Santa Catarina por Concentradores Centrífugos – ANTÔNIO RODRIGUES DE CAMPOS, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/140 – Estereoquímica de Polissacarídeos e sua Influência na Seletividade da Separação Apatita/Calcita por Flotação Aniónica Direta – JULIO CESAR GUEDES CORREIA, LAURINDO DE SALLES LEAL FILHO
- BT/PMI/141 – Avaliação do Desempenho Ambiental – Proposta Metodológica e Diretrizes para Aplicação em Empreendimentos Cívicos e de Mineração – FRANCISCO NOGUEIRA DE JORGE, LINDOLFO SOARES
- BT/PMI/142 – Formação de Barreira Geoquímica para o Abatimento de Drenagens Ácidas de Estéril Piritoso – VICENTE PAULO DE SOUZA, LUIS ENRIQUE SÁNCHEZ

- BT/PMI/143 – Técnicas de Preparação de Areia para uso na Construção Civil – WILLIAM WHITAKER, ARHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/144 – Inovação Tecnológica e Setores da Indústria: O Contexto da Indústria Extrativa e de Transformação Mineral – MARIA HELENA MACHADO ROCHA LIMA, EDUARDO CAMILHER DAMASCENO
- BT/PMI/145 – Determinação e Análise Estatística dos Índices Físicos de Pedras Ornamentais Brasileiras – ANTONIO STELLIN JUNIOR, EDUARDO CESAR SANSONE, MARIA RENATA MACHADO STELLIN
- BT/PMI/146 – Avaliação de Impacto Ambiental de Projetos de Mineração n Estado de São Paulo: A Etapa de Acompanhamento – ELVIRA GABRIELA C. S. DIAS, LUIS E. SÁNCHEZ
- BT/PMI/147 – Contribuição ao Estudo do Corte de Rochas por Jato D'Água Abrasivo – CARLOS TADEU LAUAND, WILDOR THEODORO HENNIES
- BT/PMI/148 – Competitividade na Exploração Mineral – Um Modelo de Avaliação – JOSÉ GUEDES DE ANDRADE, EDUARDO CAMILHER DAMASCENO
- BT/PMI/149 – Caracterização Tecnológica do Depósito de Terras Raras de Catalão I, GO. Áreas: Córrego do Garimpo e Lagoa Seca – MARIA MANUELA MAIA LÉ TASSINARI, HENRIQUE KAHN
- BT/PMI/150 – Contribuição ao Método de Determinação do Índice de Abrasividade de Bond (A. i.) à Luz de Outros Materiais Metálicos – JOSÉ BRUNO NETO, JOSÉ RENATO BAPTISTA DE LIMA
- BT/PMI/151 – Fabricação de Termofosfato Utilizando Fosfogesso – REYNALDO ARBUE PINI, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/152 – Desenvolvimento de Tecnologia Eletrohidráulica Aplicada a Desmonte de Rochas em Áreas Urbanas – CARLOS MAGNO MUNIZ E SILVA, ANTONIO STELLIN JÚNIOR
- BT/PMI/153 – Novo Método de Caracterização Tecnológica para Cominuição de Minérios – ANA CAROLINA CHIEREGATI, HOMERO DELBONI JUNIOR
- BT/PMI/154 – Desenvolvimento de Processo do Projeto Rocha Sã em Pitinga, AM – EDER DE SILVIO, WILDOR THEODORO HENNIES
- BT/PMI/155 – Aplicação dos Finos Gerados pela Produção de Pedras Britadas Graníticas no Concreto Pré -Misturado em Substituição às Areias Naturais – LIGIA NEVES, JOSÉ RENATO BAPTISTA DE LIMA
- BT/PMI/156 – Técnica de Simulação Numérica de Escavação Subterrânea por Computador - MÁRCIO DELCHIARO NIEBLE, FERNANDO FUJIMURA
- BT/PMI/157 – Jato de Água Abrasivo para Corte e Gravação de Materiais Friáveis – WILDOR THEODORO HENNIES, CARLOS TADEU LAUAND, GUILLERMO RUPERTO MARTÍN CORTÉS
- BT/PMI/158 – Desativação de Empreendimentos Mineiros: Estratégias para Diminuir o Passivo Ambiental – JOSÉ BAPTISTA DE OLIVEIRA JÚNIOR, LUIS ENRIQUE SÁNCHEZ
- BT/PMI/159 – Previsão de Desempenho do Circuito de Moagem SAG da MSF a Partir do Índice de Quebra – FERNANDO KARAM DELBIM, HOMERO DELBONI JUNIOR
- BT/PMI/160 – A Poluição das Águas em Mineração de Calcário – MARCIA ADRIANI JORGE SIQUEIRA, SERGIO MÉDICI DE ESTON
- BT/PMI/161 – Aplicação de Métodos Computacionais no Planejamento para Extração de Rocha Ornamental em Maciços Rochosos – MARCELO FILIPOV, FERNANDO FUJIMURA
- BT/PMI/162 – Proposições para Investigação de Parâmetros Controladores da Contaminação do Subsolo e das Águas Subterrâneas – MARILDA TRESSOLDI, LINDOLFO SOARES
- BT/PMI/163 – Fundamentos Teóricos para a Análise dos Mercados de Matérias-Primas Minerais – YARA KULAIF, JOSÉ RENATO BAPTISTA DE LIMA
- BT/PMI/164 – Análise Comparativa do Desempenho de Ciclones com base em Simulações Prévias e Ensaios em Escala Industrial – FLÁVIO AUGUSTO PESCE STOROLLI, HOMERO DELBONI JR.
- BT/PMI/165 – Flotação de Gálio a Partir do Licor de Bayer – LUIZ PAULO BARBOSA RIBEIRO, LAURINDO DE SALLES LEAL FILHO
- BT/PMI/166 – Avaliação de Técnicas de Instrumentação para o Monitoramento de Deformações nas Escavações Subterrâneas – MOUSTAFA HAMZE GUILART, LINEU AZUAGA AYRES DA SILVA
- BT/PMI/167 – Aplicações do Mapa de ISO-Velocidades – WILSON SIGUEMASA IRAMINA, SÉRGIO MÉDICI DE ESTON
- BT/PMI/168 – Dureza Knoop em Rochas para Revestimento: Correlação com Desgaste Abrasivo – EDUARDO BRANDAU QUITETE, HENRIQUE KAHN
- BT/PMI/169 – Aplicação de Impelidores de Alta Eficiência na Indústria Mineral – SÉRGIO PETER HAUSER, JOSÉ RENATO BAPTISTA DE LIMA
- BT/PMI/170 – Recuperação de Partículas Minerais Finas e Ultrafinas de Cassiterita - PRISCILA CORREIA DE FIGUEIREDO, JOSÉ RENATO BAPTISTA DE LIMA
- BT/PMI/171 – Concentração de Minerais com Jigue Centrifugo Kelsey – JAIME HENRIQUE BARBOSA DA COSTA, HOMERO DELBONI JÚNIOR

- BT/PMII/172 – Caracterização Tecnológica do Carvão das Camadas Barro Branco e Bonito para Fins Energéticos na Região de Criciúma – SC – ROSIMERI VENÂNCIO REDIVO, HENRIQUE KAHN
- BT/PMII/173 – Desenvolvimento de Processo para Produção de Gálio Metálico a Partir do Licor de Bayer da Companhia Brasileira de Alumínio – CBA – WALDEMAR AVRITSCHER, ELDON AZEVEDO MASINI
- BT/PMII/174 – A Influência de Aditivos Químicos na Moagem de Minério de Nióbio – MARCUS VINICIUS PELAIS BENOTI, HOMERO DELBONI JUNIOR
- BT/PMII/175 – Considerações Sobre o Aproveitamento dos Rejeitos de Produção do Carvão Catarinense – CLAUDIO BENETON ZILLI, ELDON AZEVEDO MANSINI
- BT/PMII/176 – Contabilidade Ambiental: Ensaio de Aplicação a uma Empresa Extrativa de Carvão Mineral – SERGIO BRUCHCHEN, LUIS ENRIQUE SÁNCHEZ
- BT/PMII/177 – Análise de Parâmetros do Monitoramento Ambiental da Mina do Trevo – Siderópolis – SC – CLEUSA CREPALDI, SERGIO MÉDICI DE ESTON
- BT/PMII/178 – Avaliação da Eficiência de uma Zona Alagadiça (Wetland) no Controle dos Metais Chumbo, Cádmiio, Cobre e Zinco: O Caso da Metalurgia da Plumbum em Santo Amaro da Purificação/BA – JOSÉ ÂNGELO SEBASTIÃO ARAÚJO DOS ANJOS, LUIS ENRIQUE SÁNCHEZ
- BT/PMII/179 – Caracterização Tecnológica de Produtos de Beneficiamento de Minério de Ni-Cu-Co de Fortaleza de Minas, MG – ELIANA SATIKO MANO, HENRIQUE KAHN
- BT/PMII/180 – A Importância dos Fatores Ambientais na Reutilização de Imóveis Industriais em São Paulo – ANNA CAROLINA MARQUES AYRES DA SILVA, LUIS ENRIQUE SÁNCHEZ
- BT/PMII/181 – Medições do Material Particulado em Chaminé e das Partículas Totais em Suspensão no Ar Ambiente: O Caso da Empresa Colorminas – MARCOS BIANCHINI, SÉRGIO MÉDICI DE ESTON
- BT/PMII/182 – Implantação de Modelos de Gestão para a Segurança e Saúde no Trabalho Mineral – CRISTIANE QUEIROZ BARBEIRO LIMA, SÉRGIO MÉDICI DE ESTON
- BT/PMII/183 – Gestão da Segurança e Saúde no Trabalho: Estudo de um Modelo Sistêmico para as Organizações do Setor Mineral – DORIVAL BARREIROS, SÉRGIO MÉDICI DE ESTON
- BT/PMII/184 – Contribuição ao Estudo de Ruptura de Taludes em Barragens de Contenção de Rejeitos Devido ao Desenvolvimento de Subpressões – GERSON RIBEIRO DE SOUZA JÚNIOR, LINDOLFO SOARES
- BT/PMII/185 – Estabilidade de Taludes: O Papel da Proteção Superficial – FÁBIO CANZIAN, LINDOLFO SOARES
- BT/PMII/186 – Utilização de uma Água Residuária da Extrusão de Alumínio na Neutralização de Efluentes Ácidos da Mineração de Carvão – JULIANO NATAL, LAURINDO DE SALLES LEAL FILHO
- BT/PMII/187 – Aplicação da Realidade Virtual no Planejamento de Lavra – RICARDO CABRAL DE AZEVEDO, GIORGIO FRANCISCO CESARE DE TOMI
- BT/PMII/188 – Influência da Composição Química da Água no Desempenho da Flotação de Fluorita com Ácidos Graxos – VALMIR MACHADO, LAURINDO DE SALLES LEAL FILHO
- BT/PMII/189 – Retrospectiva Histórica, Diagnóstico e Possibilidades da Mineração de Carvão na Região de Criciúma – SALOMÃO ROMAN DA SILVEIRA, EDUARDO CAMILHER DAMASCENO
- BT/PMII/190 – Determinação e Análise Estatística de Propriedades Tecnológicas de Pedras Ornamentais Brasileiras – EDUARDO CÉSAR SANSONE, ANTONIO STELLIN JÚNIOR, MARIA RENATA STELLIN
- BT/PMII/191 – Avaliação do Emprego de Filito como Carga em Plastisol – ALCIDIO PINHEIRO RIBEIRO, LINDOLFO SOARES
- BT/PMII/192 – Caracterização Tecnológica e Mineralógica do Minério de Fosfato de Salitre, MG – ANDRÉ BORGES BRAZ, HENRIQUE KAHN
- BT/PMII/193 – Avaliação Econômica de Projetos de Mineração, Envolvendo Decisões de Investimento sob Condições de Incerteza – JORGE LUIZ FARIA GARCIA, GIORGIO FRANCESCO CESARE DE TOMI
- BT/PMII/194 – Planejamento de Serragem de Rochas Ornamentais – MARIA RENATA MACHADO STELLIN, GIORGIO FRANCESCO CESARE DE TOMI
- BT/PMII/195 – Interação do Software de Mineração com Sistemas ERP – RENATO MASTRELA, GIORGIO FRANCESCO CESARE DE TOMI
- BT/PMII/196 – Controle de Qualidade na Lavra em Minas de Calcário para Cimento – SÍLVIA LÊDA TORRES DE FARIAS, GIORGIO FRANCESCO CESARE DE TOMI
- BT/PMII/197 – Estudo Tecnológico de Materiais Industriais (Caulim) – Caso Cubano – NAELCIO GOMES DE CARVALHO, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMII/198 – Métodos de Corte de Rochas com Jato de Água Abrasivo – GUILLERMO RUPERTO MARTÍN CORTÉS, WILDOR THEODORO HENNIEN
- BT/PMII/199 – Caracterização Tecnológica do Fosfogesso Gerado na Produção de Ácido Fosfórico – ROSANA MARIA DE MACEDO BORGES, JOSÉ RENATO BAPTISTA DE LIMA

- BT/PMI/200 – Estudo da Influência da Densidade de Partículas no Desempenho de Ciclone – RAMON LINSINI FINKIE, HOMERO DELBONI JUNIOR
- BT/PMI/201 – Caracterização Tecnológica do Quartzito Friável de Itutinga, MG, com Vista à Produção de Carbetos de Silício (Sic) – ARTHUR JARBAS CARDOSO DA SILVA, HENRIQUE KAHN
- BT/PMI/202 – Avaliação da Poeira de Silica: Um Estudo de Caso em uma Pedreira na Região Metropolitana de São Paulo – GERRIT GRUENZNER, SÉRGIO MÉDICI DE ESTON
- BT/PMI/203 – Caracterização das Argilas da Bacia do Paraná, no Sul de Santa Catarina, para uso na Fabricação de Pisos Cerâmicos – MÁRCIO LUIZ GEREMIAS, HENRIQUE KANH, DOUGLAS GOUVEA
- BT/PMI/204 – Uma Leitura da Árvore de Causas no Atendimento de Demanda do Poder Judiciário: Um Fluxograma de Antecedentes – LEONIDAS RAMOS PANDAGGIS, SÉRGIO MÉDICI DE ESTON
- BT/PMI/205 – Reabilitação de Ecossistemas Degradados pela Mineração de Carvão a Céu Aberto em Santa Catarina, Brasil – ROBSON DOS SANTOS, LAURINDO DE SALLES LEAL FILHO
- BT/PMI/206 – Uso do Geoprocessamento para a Detecção de Sítios Contaminados – CLAUDOMIRO DOS SANTOS, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/207 – Aspectos Econômicos do Fechamento de uma Mineração – ANA LUCIA SILVA TAVEIRA, LUIS ENRIQUE SÁNCHEZ
- BT/PMI/208 – Emprego de Cascalho Aluvial como Agregado em Concreto – KLEBER DA SILVA MENDES, LINDOLFO SOARES
- BT/PMI/209 – Caracterização Tecnológica das Areias de Subaúma (Iguape – SP) para Utilização em Concretos – MAURICIO PETTINATO LUCIO, LINDOLFO SOARES
- BT/PMI/210 – Uso de Finos de Pedreira no Preparo de Argamassas de Assentamento – LIZ ZANCHETTA D'AGOSTINO, LINDOLFO SOARES
- BT/PMI/211 – Aspectos Estereoquímicos da Interação entre Apatita e Moléculas de Amido e sua Influência na Flotação – MARISA MARTINS, LAURINDO DE SALLES LEAL FILHO
- BT/PMI/212 – Tratamento de Efluentes Ácidos de Mina por Neutralização e Remoção de Metais – CARLYLE TORRES BEZERRA DE MENEZES, LAURINDO DE SALLES LEAL FILHO
- BT/PMI/213 – Aplicação de *Softwares* de Mineração no Planejamento de Lavra de Pedreiras de Agregados para a Construção Civil – OSWALDO MENTA SIMONSEN NICO, GIORGIO FRANCESCO CESARE DE TOMI
- BT/PMI/214 – Comparação de Desempenho de Aglomerante Orgânico em Relação à Bentonita na Operação de Pelotização de Concentrados de Minério de Ferro Brasileiros de Diversas Procedências – SANDRA LUCIA DE MORAES, JOSÉ RENATO BAPTISTA DE LIMA
- BT/PMI/215 – Implantação de Controle de Qualidade na Lavra de Matérias Primas para a Indústria Refratária – Aplicação em uma Mina em Atividade – ANDERSON SOUSA SALIM, GIORGIO FRANCESCO CESARE DE TOMI
- BT/PMI/216 – Moldagem não Convencional de Corpos-de-Prova de Solos – LILZA MARA BOSCHESI MAZUQUI, WILDOR THEODORO HENNIES
- BT/PMI/217 – Engenharia da Qualidade na Mineração: Modelo de Controle Estatístico de Processo para Brita e Areia Industrial – AMILTON DOS SANTOS ALMEIDA, WILDOR THEODORO HENNIES
- BT/PMI/218 – Gestão de Passivos Ambientais Associados a Escorregamentos em Rodovias: Contribuições ao Cenário Metodológico – CÉLIA MARIA GARIBALDI, LINDOLFO SOARES
- BT/PMI/219 – Avaliação do Programa de Proteção Respiratória em uma Mina Subterrânea de Ouro – ANTONIO VLADIMIR VIEIRA, SÉRGIO MÉDICI DE ESTON
- BT/PMI/220 – Sequenciamento Otimizado de Lavra por Blendagem para Jazidas de Calcário – DANIEL DA SILVEIRA CHAUSSON, GIORGIO FRANCESCO CESARE DE TOMI
- BT/PMI/221 – Avaliação de Barragens de Rejeitos Através de Modelos Reduzidos – FERNANDO IVAN VÁSQUEZ ARNEZ, LINDOLFO SOARES
- BT/PMI/222 – Desempenho Ambiental e Processo de Comunicação: Estudo de Caso nos Setores Químico e Petroquímico – LUIZ ANTONIO CHIUMMO, LUIS ENRIQUE SÁNCHEZ
- BT/PMI/223 – Gravação de Rochas Ornamentais com Jato D'Água Abrasivo – VALENA HENNIES LAUAND, ANTONIO STELLIN JUNIOR
- BT/PMI/224 – Avaliação de Métodos Empíricos de Projeto na Lavra Subterrânea: Estudo de Caso da Mina Vazante, Minas Gerais – HUGO ANTONIO MERCONCHINI VEGA, LINEU AZUAGA AYRES DA SILVA
- BT/PMI/225 – Avaliação da Exequibilidade da Utilização das Bactérias *Thiobacillus Ferrooxidans* e *Thiooxidans* para Recuperação de Zinco Contido em Poeiras de Aciaria Elétrica – REGINALDO BRAZ DOS SANTOS, ARTHUR PINTO CHAVES
-
- BT/PMI/226 – Projeções Ocupacionais e Reestruturação Produtiva na Mineração Paulista – ALEXANDRE DE SANT'ANNA, WILDOR THEODORO HENNIES

- BT/PMI/227 – O Uso de Aminas Graxas e seus Derivados na Flotação de Minérios Brasileiros – EULER ELIAS NEDER, LAURINDO DE SALLES LEAL FILHO
- BT/PMI/228 – Mapa de Ruído como Ferramenta de Diagnóstico do Conforto Acústico da Comunidade – MICHIEL WICHERS SCHRAGE, SÉRGIO MÉDICI DE ESTON
- BT/PMI/229 – Corte de Rochas por Jato D'Água Abrasivo – CARLOS TADEU LAUAND, WILDOR THEODORO HENNIES
- BT/PMI/230 – Mapeamento Geotécnico da Grande João Pessoa – PB – LANUSSE SALIM ROCHA TUMA, LINDOLFO SOARES
- BT/PMI/231 – Tratamento de Efluentes da Drenagem Ácida de Mina de Carvão por Precipitação e Sedimentação – VALMIR ROMAN DA SILVEIRA, ELDON AZEVEDO MASINI
- BT/PMI/232 - Metodologia de Identificação de Perigos e Avaliação de Riscos Ocupacionais - REGINALDO PEDREIRA LAPA, WILSON SIGUEMASA IRAMINA
- BT/PMI/233 - Distribuição da Brita na Cidade de São Paulo - Efeitos das Restrições ao Tráfego de Veículos de Carga - ALBERTO DE BARROS AGUIRRE, WILDOR THEODORO HENNIES
- BT/PMI/234 - Escavação de Rochas com Furos de Grande Diâmetro na Mineração a Céu Aberto - RENAN COLLANTES CANDIA, WILDOR THEODORO HENNIES

