

## **GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ**

### **SEID**

Secretaria de Estado da Indústria, Comércio e do Desenvolvimento  
Econômico

**MINEROPAR Minerais do Paraná S.A**

PARANÁ MINERAL

PROGRAMA DE DESENVOLVIMENTO DA INDÚSTRIA MINERAL  
PARANAENSE

CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DAS  
ROCHAS CALCÁRIAS

**Agregados para concreto**

**CURITIBA  
2000**

**PARANÁ MINERAL**  
**PROGRAMA DE DESENVOLVIMENTO DA INDÚSTRIA MINERAL**  
**PARANAENSE**

**FOMENTO INDUSTRIAL**  
**CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DAS**  
**ROCHAS CALCÁRIAS**

**Agregados para concretos**

**COORDENAÇÃO**

Luís Marcelo de Oliveira

**EXECUÇÃO**

Geólogo Luís Marcelo de Oliveira  
Geólogo Diclécio Falcade

## CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DAS ROCHAS CALCÁRIAS

### Agregados para concreto

#### 1. Generalidades

O termo concreto é utilizado para descrever um material duro e compacto feito com cimento, agregados e água, no qual todas as partículas de agregados e todos os espaços entre elas são preenchidos pela pasta de cimento. A razão para se fazer um concreto é que o cimento por si só seria muito caro, além de não ser suficientemente forte para constituir um material de suporte. O problema essencial na produção de um concreto é a obtenção de um material satisfatório ao menor custo possível. O concreto satisfatório é aquele que tem as propriedades necessárias e desejáveis, tais como: trabalhabilidade no material fresco e homogeneidade, resistência, impermeabilidade, durabilidade e constância de volume no produto endurecido.

As propriedades do concreto, em ambos os estados, fresco e endurecido, estão intimamente associadas com as características e proporções relativas de seus componentes.

A adequação do agregado para a produção de um concreto de boa qualidade deve satisfazer alguns critérios, entre os quais:

- Forma. A trabalhabilidade: propriedade do concreto que determina a facilidade com que ele pode ser misturado e lançado – é reduzida pelas partículas planas, alongadas e irregulares, e é aumentada pelos fragmentos mais prismáticos e arredondados. Com partículas mais arredondadas é mais fácil preencher todos os vazios com o cimento e com partículas mais finas. O uso de fragmentos irregulares pode levar à inclusão casual de ar que reduz a resistência do concreto.
- Tamanho: em geral, agregado graúdo é usado onde são requeridas maiores quantidades; para pequenas quantidades, pode ser usado agregado miúdo. Argamassa é um termo aplicado a cimento misturado com areia e usado em pequena escala, tal como assentamento de tijolos, e não é considerada concreto. Argamassas de alvenaria usadas na indústria da construção frequentemente contêm cal como um ingrediente adicional na mistura.
- Graduação: agregado bem graduado ou agregado de graduação densa, é aquele que consiste de partículas ou fragmentos em sequência contínua de tamanhos, apresentando um mínimo de vazios. Um agregado de granulação aberta é aquele que não tem a percentagem de finos necessária. Para uso como agregado de concreto uma graduação contínua é necessária de modo que os vazios a serem preenchidos pelo cimento sejam tão poucos e pequenos quanto possível. Isso reduz a quantidade

de cimento necessário, o que torna o concreto mais barato; e ajuda a assegurar que os fragmentos de agregados estão em contato com outros, o que torna o concreto mais resistente.

- Textura de superfície: embora o cimento ligue na maioria dos tipos de rocha, agregados com superfície áspera fazem uma ligação melhor do que aqueles com superfície lisa
- Impurezas: finos são a principal impureza dos agregados, parcialmente porque eles envolvem os fragmentos maiores e inibem a cimentação. Impurezas químicas também devem ser evitadas, pois elas podem originar reações no concreto em condições úmidas. Areias marinhas em particular devem ser lavadas muito cuidadosamente para remoção dos sais, e deve ser usada água de qualidade potável para o preparo do concreto.

A resistência do concreto também é afetada pela dosagem de cimento para agregado para água. Um traço usual, por exemplo, é a proporção de 2:6:1, respectivamente. Resistência maior pode ser obtida com certo aumento da proporção de cimento para a de agregado, mas os custos serão correspondentemente maiores. A quantidade de água deve ser suficiente para combinar com o cimento, e para tornar a mistura trabalhável. O excesso da água eventualmente evapora, deixando diminutos poros no concreto, com conseqüente redução da resistência.

## 2. Funções da pasta e dos agregados

A pasta de cimento e água, que constitui o material aglomerante, é o componente ativo do concreto e desempenha duas funções principais:

- encher os vazios entre as partículas de material inerte, gerando propriedades de lubrificação à massa plástica fresca e impermeabilidade à água no produto endurecido;
- fornecer resistência ao concreto quando endurecido.

As propriedades da pasta endurecida dependem de: a) características do cimento; b) proporções relativas de cimento e água; e c) perfeição na combinação química entre cimento e água. Esse processo químico é denominado *hidratação*, embora envolva outros processos. A hidratação completa do cimento exige tempo, temperatura favorável e presença de umidade. O período durante o qual o concreto está diretamente sujeito a condições favoráveis de temperatura e umidade é denominado período de *cura*. Nas construções, o período de cura mais usual varia de 3 a 14 dias. Em laboratório, o período comum de cura é de 28 dias. A cura adequada é essencial à produção de concreto de qualidade.

O agregado tem três funções principais:

- prover o aglomerante de um material de enchimento relativamente econômico;
- prover a massa, de partículas adaptadas para resistir às cargas aplicadas, ao desgaste mecânico, à percolação da umidade e ação da intempérie;

- reduzir as variações de volume resultantes do processo de pega e endurecimento e variações de umidade na pasta de cimento e água.

As propriedades dos concretos que empregam um determinado agregado dependem:

- do caráter mineralógico das partículas do agregado, particularmente no que diz respeito à resistência, elasticidade e durabilidade;
- das características da superfície das partículas, especialmente relacionadas à trabalhabilidade do concreto fresco e aderência com a massa endurecida;
- da granulometria dos agregados, particularmente pelos efeitos na trabalhabilidade, densidade e economia da mistura;
- da quantidade de agregado na unidade de volume de concreto, particularmente relacionada ao custo e às variações de volume devidas à secagem.

### 3. Classificação dos agregados

Uma vez que cerca de três quartos do volume do concreto são ocupados pelos agregados, não é de se surpreender que o tipo e a qualidade destes seja de grande importância na obtenção de um concreto também de qualidade, exercendo nítida influência não apenas na resistência mecânica do produto acabado como em sua durabilidade e no desempenho estrutural. Assim as propriedades dos agregados tem grande importância também na geração das características essenciais dos concretos, tais como resistência, impermeabilidade, durabilidade, trabalhabilidade e retratibilidade.

De uma maneira geral, os agregados podem ser classificados quanto:

- à origem
- à dimensões
- à massa unitária

Quanto à origem, eles podem ser:

- naturais: já encontrados na natureza sob a forma definitiva de utilização (areia de rio, seixo rolado, pedregulho, etc);
- artificiais: são os que necessitam de modificação textural para chegar à condição necessária e apropriada ao seu uso, como é o caso da areia artificial e da pedra britada, por exemplo. Entre os tipos petrológicos mais utilizados estão os basaltos, granitos, calcários, sílex, pórfiros, arenitos, quartzitos e gnaisses.

Quanto a dimensão, os agregados classificam-se em:

- miúdo: o agregado miúdo é a areia natural quartzosa, ou, se artificial, a resultante do britamento de rochas estáveis, de dimensão máxima característica igual ou inferior a 4,8 mm (NBR 7211 – ABNT).

- graúdos: o agregado graúdo é o pedregulho natural, ou a pedra britada proveniente do britamento de rochas estáveis, de dimensão máxima característica superior a 4,8 mm (NBR 7211 – ABNT).

Existem ainda algumas denominações especiais que caracterizam certos grupos, como: filer, areia, pedrisco, seixo rolado e brita.

- *filer*: é o material que passa na peneira de 0,075 mm;
- *areia*: é o material encontrado em estado natural, com dimensão máxima menor do que 4,8 mm;
- *pedrisco*: também chamado de areia artificial, é o material obtido por fragmentação de rocha, e que tem dimensão máxima menor do que 4,8 mm;
- *seixo rolado*: é o agregado de forma arredondada encontrado na natureza, quer nos leito dos rios, quer em jazidas, e que fica retido na peneira de 4,8 mm;
- *brita*: é o material obtido por trituração de rocha e que tem dimensão mínima superior a 4,8 mm.

Quanto à massa unitária, pode-se classificar os agregados em:

- leves (menor que  $1t/m^3$ ): pedras-pomes, vermiculitas e argilas expansivas, por exemplo;
- normais ( $1 t/m^3$  a  $2t/m^3$ ): areias quartzosas, seixos, britas gnaíssicas, granitos e outros.
- Pesados (acima de  $2t/m^3$ ): barita, magnetita, limonita, etc.

## 4. Propriedades dos agregados

### 4.1 Propriedades físicas

#### *Forma das partículas e textura superficial*

Além das características petrográficas, as formas externas do agregado merecem especial atenção, principalmente no que diz respeito ao formato da partícula e à sua textura superficial.

A forma externa da partícula é determinada por duas propriedades: grau de arredondamento e esfericidade da partícula.

O grau de arredondamento é definido como a relação entre o raio médio de curvatura dos cantos e bordas da partícula e o raio do círculo máximo nela inscrito.

Sendo função direta da resistência mecânica e da resistência à abrasão da rocha matriz, bem como do grau de solitação a que a partícula já foi submetida, o arredondamento normalmente não é definido por números, mas por termos analíticos, a saber:

- angulosos;
- subangulosos;
- subarredondados;

- arredondados.

Quanto à esfericidade, de maneira simples, é descrita como sendo o grau de aproximação de uma partícula à forma perfeitamente esférica. De acordo com o grau de esfericidade os agregados podem ser agrupados em:

- esferoidais ou equidimensionais;
- achatados ou em forma de disco;
- prismáticos ou em forma de bastão;
- lamelares.

No que se refere à textura superficial do agregado, sua avaliação é feita pelo grau de polimento ou rugosidade da superfície da partícula, sendo função principalmente da dureza, do tamanho do grão e das características dos poros da rocha matriz; as ações mecânicas externas colaboram ativamente para o aumento ou diminuição da rugosidade.

#### Classificação expedita da textura superficial

Textura superficial	Características	Exemplos
Vítrea	fratura conchoidal	escória vitrificada
Lisa	ação da água ou fratura de rochas laminadas	pedregulhos e areias de rio, alguns riólitos
Granulada	fratura mostrando grânulos + ou - uniformemente arredondados	areia artificiais, eólitos
Rugosa	fratura de rochas contendo grânulos finos ou médios, com constituintes cristalinos não observados facilmente	basalto, calcário, pórfiros
Cristalina	contendo constituintes cristalinos facilmente visíveis	granito, gnaiss, gabro
Esponjosa ou porosa	contendo poros e cavidades visíveis	argila expandida, clínquer, pedra-pome

#### 4.2 Propriedades mecânicas

São as seguintes as principais propriedades mecânicas dos agregados:

- Rigidez: é a rigidez do material à quebra por impacto.
- Dureza: refere-se à resistência à abrasão superficial do material. O método mais utilizado de medida é o ensaio de abrasão Los Angeles (NBR 6465).
- Resistência mecânica: no que se refere à resistência mecânica dos agregados, exige-se que a resistência à compressão da massa de agregado contida no concreto não seja inferior à deste. Entretanto, é difícil determinar no próprio agregado a sua resistência ao esmagamento ou à compressão, e esse dado tem de ser obtido através de ensaios indiretos, como:
  - resistência ao esmagamento de corpo-de-prova indeformado extraído da rocha;

- resistência ao esmagamento da massa de agregado (BS 812);
- utilização de agregados cujo bom comportamento já tenha sido comprovado na prática.

#### 4.3 Propriedades elásticas

Define-se o módulo de elasticidade de um agregado como a razão entre um incremento de tensão e o correspondente incremento de deformação.

Sendo um ensaio de compressão, determina-se a razão entre a carga aplicada e a deformação do corpo-de-prova, paralela à direção da carga.

Sabe-se que os agregados de alto módulo de elasticidade conduzem a concretos de alta resistência à tração na flexão e baixa retração na flexão e baixa retração por secagem; entretanto, a baixa retração induzida pelo uso de agregados rígidos pode ser comprometedor, pelo fato de que a rigidez do agregado causa restrição ao movimento da pasta, aumentando a tendência à fissuração, mas, desde que usados com critério, os agregados mais rígidos propiciam melhores resultados globais do produto acabado.

#### 4.4 Porosidade e absorção dos agregados

O tamanho, a quantidade e a continuidade dos poros num agregado são importantes características, uma vez que afetam diretamente outras características, como a absorção, massa específica, resistência mecânica, resistência à abrasão, aderência pasta-agregado e susceptibilidade ao ataque de agentes químicos.

Definindo-se poro como sendo o espaço não ocupado por material sólido no agregado, tem-se que a porosidade total é expressa pela relação entre o volume de vazios dos poros e o volume total da massa de agregado. Para sua determinação, utilizam-se métodos baseados na medida das massa específicas dos agregado ou o emprego do porosímetro de WASHBURN & BUNTING.

São apresentados a seguir alguns valores típicos de porosidade de diversos grupos de rocha:

<b>Grupo de rochas</b>	<b>Porosidade (%)</b>
Arenito	0,0 a 48,0
Quartzito	1,9 a 15,1
Calcário	0,0 a 37,6
Granito	0,4 a 3,8

Quanto à absorção d'água dos agregados, é obtida a partir da diminuição da massa de uma amostra de agregado no estado saturado – superfície seca até o estado seco, em estufa à



105°C a 110°C; a relação entre a perda de massa determinada no estado de superfície saturada seca e a massa de amostra seca, em porcentagem, é chamada de absorção.

#### 4.5 Aderência pasta - agregado

A aderência entre o agregado e a pasta de cimento é um importante parâmetro na formação da resistência do concreto. É função da interação entre o agregado e a pasta do cimento, devida principalmente à rugosidade superficial e o formato do grão. Superfícies mais rugosas, como as das pedras britadas, proporcionam melhor aderência; as texturas que não permitem penetração na superfície do agregado não conduzem a bons resultados de aderência. Além disso, a aderência é afetada por outras propriedades físicas e químicas relacionadas aos constituintes químicos e mineralógicos dos agregados, como, por exemplo, nos agregados calcários em que pode ocorrer aderência química.

A determinação da qualidade química da ligação é muito difícil e ainda não existem ensaios indiscutivelmente aceitáveis. Geralmente, quando a ligação é boa, o corpo-de-prova depois de levado à ruptura apresenta alguns agregados também fraturados, sendo que o excesso dessa ocorrência indica que o agregado é demasiadamente friável.

#### 4.6 Propriedades térmicas

Dentre as propriedades térmicas, as que merecem destaque são a dilatação térmica, o calor específico e a condutibilidade térmica. As duas últimas se revestem da maior importância quando se trata de concreto massa ou estruturas que exigem isolamento térmico.

O coeficiente de dilatação dos agregados, principalmente os de maior dimensão, pode influir no concreto quando o seu valor é muito diferente do da pasta de cimento, uma vez que grandes diferenças de temperatura podem produzir variações apreciáveis nas dimensões do agregado e da pasta, rompendo a ligação entre eles e prejudicando a qualidade do concreto endurecido.

#### 4.7 Substâncias deletérias nos agregados

Podem ser divididas em três grandes grupos, a saber:

- impurezas que interferem no processo de hidratação do cimento;
- substâncias envolventes do agregado, formando películas que impedem a aderência à pasta de cimento;
- partículas frágeis e defeituosas.

No primeiro grupo destacam-se as impurezas de origem orgânica, constituídas essencialmente por ácidos húmicos. Para determinar a presença de matéria orgânica é universalmente usado ensaio colorimétrico que permite avaliar a quantidade prejudicial.

Há também as impurezas constituídas por sais minerais que podem estar misturados ao agregado e alterar a pega e o endurecimento do cimento, ou causar deterioração no concreto. Como exemplo, citem-se certos compostos de chumbo e zinco, óxidos de ferro, sulfatos (especialmente gesso), sulfetos e cloretos.

No segundo grupo de materiais deletérios, encontram-se os responsáveis pela interferência na interação pasta-agregado, tais como argilas e outros materiais finos como o silte e o pó-de-pedra (dimensões entre  $2\mu\text{m}$  e  $75\mu\text{m}$ ), proveniente da britagem.

No terceiro grupo encontram-se as partículas de resistência baixa e com expansão e contração excessiva, que, pelas suas características físicas, modificam a integridade ou a resistência do concreto. Nessa categoria enquadram-se as partículas xistosas de baixa densidade, os torrões de argila, a madeira, o linhito e o carvão, que podem produzir orifícios ou buracos ou desagregação local, fissuração e escamação.

Quando o agregado não é capaz de suportar as variações de volume resultantes das flutuações das condições ambientais o seu emprego na fabricação do concreto deve ser evitado.

Podem instalar-se, ainda, certas reações químicas entre o agregado e o cimento, que, gerando expansão, anulam a coesão existente entre os materiais. As reações expansivas enquadram-se em três tipos diferentes:

- a) reação em meio úmido, entre álcalis do cimento e a sílica não cristalizada do agregado;
- b) reação dos álcalis do cimento com o carbonato de magnésio de certos calcários dolomíticos;
- c) reação de determinadas formas da alumina do agregado (por exemplo, feldspatos sódicos alterados ou caulinizados), com sulfatos (provenientes do meio exterior ou do concreto), em presença de elevada alcalinidade proveniente da hidratação do cimento.

## **5. Agregados de rochas calcárias**

Agregados de rochas calcárias são amplamente utilizados em várias regiões do mundo, principalmente nos setores da construção civil e pavimentação. Muitas vezes a inexistência de outros materiais convencionais, a exemplo de granitos e basaltos, impõe a necessidade do uso sistemático das rochas calcárias com o consequente desenvolvimento de estudos do comportamento e desempenho destes materiais nos diversos setores da construção e infraestrutura viária.

As rochas que dão origem a cerca de 75% dos agregados utilizados na construção civil dos Estados Unidos se constituem de "limestones", isto é, rochas carbonatadas em geral (USGS). O restante é representado por granitos (15%), gabros, basaltos e diabásios (8%) e pedras britadas produzidas a partir de mármore, mármore calcário, filitos, conchas, cinzas vulcânicas e escórias.

Na Inglaterra os calcários contribuem com cerca de 60% da produção nacional de rocha britada para agregado (British Geological Survey), e provavelmente representam as maiores reservas de agregados de rochas sedimentares de boa qualidade.

No Brasil também existem regiões que o uso do calcário como agregado é amplamente difundido em obras civis, a exemplo da capital federal – Brasília e Minas Gerais.

No Paraná o uso de rochas calcárias como agregados em concretos se faz de maneira incipiente, em função da existência de materiais convencionais disponíveis (granitos e basaltos), e pelo fato de haver tradição do uso de rochas calcárias restrito às indústrias do cimento, cal e corretivo agrícola.

Esta situação tende a se alterar nos próximos anos, principalmente se levarmos em conta os seguintes fatos:

- as ocorrências de granitóides do nordeste e este da cidade, tradicionalmente consideradas áreas fonte de brita da RMC, ou estão em áreas de mananciais, ou estão em áreas de preservação ambiental;
- os migmatitos ocorrentes a oeste estão cercados pela mancha urbana, ou em vias de exaustão.

Por estes motivos é que na RMC a utilização de agregados produzidos a partir de rochas calcárias deve ser estimulada, pois além do custo de produção ser mais baixo (menor carga de desmonte, menor energia de cominuição, menor desgaste de equipamentos), as distâncias de transporte começam a ser competitivas, pois as principais jazidas localizam-se em municípios da própria RMC.

Para tanto se fazem necessários estudos de viabilização do minério com a caracterização físico-química e mecânica dos materiais rochosos existentes nos distritos mineiros, garantindo sua colocação no mercado conforme as especificações exigidas para agregados.

Cabe ressaltar que algumas empresas do Paraná já desenvolvem estudos para viabilizar o uso de determinadas rochas calcárias como agregados (brita e areia artificial) e até mesmo já as utilizam em concretos e argamassas, a exemplo da Cia. de Cimento Portland Rio Branco, Cia de Cimento Itambé, Argafácil e outras. Algumas lojas de materiais de construção, localizadas em Colombo, Rio Branco do Sul e Almirante Tamandaré, comercializam britas de calcários calcíticos para concreto com a restrição de uso à obras de até 02 pavimento, não oferecendo porém laudos técnicos ou atestados que justifiquem tecnicamente esta especificação. As britas de calcários são distribuídas também na região de Curitiba, via de regra, para abastecimento de pequenas obras.

## **6. Ensaio e especificações**

A norma técnica que fixa as características exigidas na recepção e produção dos agregados graúdos e miúdos, de origem natural, já encontrados fragmentados ou resultantes de britamento de rochas e destinados à produção de concretos, é a ABNT NBR-7211. Esta norma determina os ensaios e especificações para materiais convencionais com histórico de desempenho

comprovado, recomendando para novos materiais ou materiais não convencionais estudos e pareceres que comprovem qualificação.

Segundo a referida norma, os agregados devem ser compostos por minerais duros, compactos, duráveis e limpos e não devem conter substâncias de natureza e em quantidades que possam afetar a hidratação e o endurecimento do cimento, a proteção da armadura contra a corrosão, a durabilidade ou, quando for requerido, o aspecto visual do concreto.

Com relação à limpeza exige-se que não haja excesso de lama, lodo, grãos fracos ou estratificados, mica, álcalis nocivos e matéria orgânica. A dureza é determinada por um ensaio de abrasão (Los Angeles), e a tenacidade por um ensaio de impacto. A resistência pode ser determinada por ensaios de compressão de corpos de prova de rocha, ou pode ser avaliada por ensaios comparativos de argamassas e concretos feitos com agregado em questão e com agregados de qualidade conhecida ou normalizada. A durabilidade ou estabilidade pode ser determinada por um ensaio de congelamento e degelo ou um ensaio envolvendo a alternada imersão em uma solução de sulfato de sódio e secagem.

No caso específico de rochas calcárias existem registros de fissurações e danos a concretos em decorrência de reações entre álcalis do cimento e agregados carbonáticos, em processo conhecido como reação álcali-carbonato, e que ocorre principalmente em concretos expostos a temperaturas elevadas e variações de umidade, como por exemplo, em barragens. Os dados até agora disponíveis mostram que, entre as rochas calcárias, as mais favoráveis ao desencadeamento deste processo são aquelas sedimentares, ricas em argilominerais e com razão calcita ( $\text{CaCO}_3$ ) : dolomita ( $\text{MgCO}_3$ ) próxima a 1, ou aquelas com teores elevados de magnésio. A realização de ensaio para determinação da reação álcali-carbonato em agregados está igualmente previsto na NBR 7211.

Os principais ensaios para definição da viabilidade de uso de agregados em concretos, com as respectivas normas técnicas são os seguintes:

- Absorção (ASTMC-128);
- Massa específica absoluta (NBR-9776);
- Abrasão los Angeles (NBR-6465);
- Forma do grão (Índice de forma NBR-7809);
- Durabilidade (MB-1065);
- Resistência à compressão simples (MB-892);
- Durabilidade (ASTMC-88);
- Esmagamento (DNER ME 42);
- Material pulverulento (NBR-7219);
- Torrões de argila (NBR-7218);
- Reatividade álcalis carbonato (método acelerado NBRI);
- Análise química;
- Análise petrográfica;

- Análise granulométrica (NBR-7217);
- Estudo de desempenho do agregado em dosagens de concreto e argamassa.

Estudos específicos do desempenho do concreto propriamente dito, são realizados posteriormente, conforme o tipo de obra ao qual o material se destina (construção civil, pavimentação, barragens, etc), incluindo testes de resistência à compressão, tração na flexão, capacidade de deformação, retração hidráulica, permeabilidade, durabilidade, calor específico do concreto e outros.

### **7. Qualidade das rochas calcárias do Paraná como agregados em concreto**

A Mineropar efetuou, em carácter experimental, ensaios em duas amostras de rochas calcárias do Paraná para avaliar seu desempenho como agregados em concretos e argamassas. As amostras, denominadas CC-01 (calcário calcítico) e CD-01 (calcário dolomítico), foram coletadas nas regiões da Mina Saiva e Morro Azul, municípios de Rio Branco do Sul e Almirante Tamandaré, respectivamente.

Os ensaios foram realizados pelo laboratório BIANCO TECNOLOGIA DO CONCRETO S/C localizado em Curitiba (PR), e os resultados são apresentados na íntegra, em anexo.

Segundo os resultados obtidos, as amostras em questão apresentam boa resistência mecânica e estabilidade química para emprego como brita na confecção de concreto para estruturas correntes, projetadas para resistência característica do concreto (fck) até 50 Mpa, sem limitações tanto para obras hidráulicas, como pavimentação em concreto, túneis, pontes e edifícios.

Tratam-se de materiais com excelente resistência ao intemperismo.

## 8. Laboratórios e custos de ensaios

BIANCO TECNOLOGIA DO CONCRETO S/C

Curitiba, PR

1.	Preparação da amostra (britagem e classificação)	R\$ 60,00
2.	Determinação do potencial de resistência à compressão da rocha	R\$ 85,00
3.	Análise granulométrica (NBR-7217)	
	Agregado miúdo	R\$ 37,00
	Agregado graúdo	R\$ 42,00
4.	Determinação do teor de material pulverulento (NBR-7219)	R\$ 26,00
5.	Massa específica absoluta (NBR-9776)	R\$ 22,00
6.	Massa específica aparente no estado solto (NBR-7215)	R\$ 22,00
7.	Absorção (ASTMC-128)	R\$ 26,00
8.	Abrasão Los Angeles (NBR-6465)	R\$ 95,00
9.	Forma do grão (Índice de forma NBR-7809)	R\$ 57,00
10.	Sanidade ao ataque com solução de sulfato (ASTMC-88)	R\$ 150,00
11.	Estudo do desempenho do agregado em dosagens do concreto/amostra	R\$ 220,00
12.	Estudo do desempenho do agregado em dosagens de argamassa/amostra	R\$ 140,00
13.	Reatividade álcalis/carbonato em barras (método acelerado NBRI)	R\$ 550,00
14.	Análise petrográfica	R\$ 70,00
15.	Análise química	R\$ 140,00
	TOTAL	R\$ 1.742,00

Obs. Custo para ensaio completo **R\$ 1.100,00**

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE LONDRINA

Centro de tecnologia e Urbanismo - Laboratório de Materiais de Construção e Conforto

Item	Discriminação do ensaio	Preço Unitário
1	Agregados para concretos e argamassas	(R\$)
1.1	Massa específica	22,00
1.2	Massa unitária	16,50
1.3	Massa unitária compactada da brita	22,00
1.4	Teor de argila	22,00
1.5	Material pulverulento	33,00
1.6	Impurezas orgânicas	33,00
1.7	Análise granulométrica	33,33
1.8	Inchamento da areia	88,00
1.9	Coefficiente de forma	33,00

1.10	Qualidade da areia	165,00
------	--------------------	--------

LAME – LABORATÓRIOS DE MATERIAIS E ESTRUTURAS

Curitiba, PR

	ENSAIO	QUANT.	Preço Unit. R\$	Preço Total R\$
1.	Análise granulométrica – credenciado INMETRO (areia)	01	23,40	23,40
2.	Absorção (areia)	01	70,70	70,70
3.	Massa específica (areia)	01	14,40	14,40
4.	Material pulverulento – credenciado INMETRO (areia)	01	21,10	21,10
5.	Análise granulométrica – credenciado INMETRO (brita)	02	23,40	46,80
6.	Absorção (brita)	02	31,30	31,30
7.	Massa específica (brita)	02	31,30	31,30
8.	Análise química do cimento (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , SiO <sub>2</sub> , CaO, MgO, Anidrido Sulfúrico, Óxido de Sódio (total), Óxido de Potássio (total), Perda ao Fogo, Resíduo Insolúvel, Óxido de Cálcio livre, Óxido de Potássio (disponível, teor de Álcalis (disponíveis). Os ensaios de perda ao fogo, resíduo insolúvel e Anidrido Sulfúrico são credenciados pelo INMETRO.	01	157,40	157,40
9.	Análise física do cimento (expansibilidade LE CHATELIER, tempos de pega, Finura Blaine, Finura #200, massa específica, determinação da água da pasta de consistência normal, moldagem e resistência à compressão (3,7 c 28 d). Os ensaios de tempo de pega, Finura Blaine, Finura #200, massa e específica, pasta de consistência normal e resistência à compressão são credenciados pelo INMETRO).	01	173,80	173,80
10.	Dosagem experimental – 1 traço – 3 idades – betonada de 100 l.	05	45,00	225,00
11.	Reatividade potencial álcalis - agregado	01	167,00	176,00
12.	Módulo de deformação (elasticidade) com gage (1 cp)	05	52,00	260,00
13.	Permeabilidade (cp)	05	42,50	212,50
14.	Massa específica ( 1 cp)	05	16,90	84,50
	<b>TOTAL</b>		<b>1.581,80</b>	