

Estudo das características físicas de agregados da região Meio-Oeste de Santa Catarina para utilização em pavimentação asfáltica

Alana Quaiotto¹

Gislaine Luvizão²

Resumo

Para garantir uma maior durabilidade nos pavimentos rodoviários, é necessário que se conheça as características dos materiais que são empregados. Diante disso, identificou-se a necessidade da aferição das características físicas dos agregados fornecidos na região Meio Oeste de Santa Catarina, que podem ser utilizados em obras rodoviárias. Para esta pesquisa utilizou-se agregados do tipo pó de pedra, pedrisco, brita I e brita II coletados nas pedreiras Minerocha Catarinense, Britagem Gaspar, Pedreira Treze Tílias, Pedreira Triângulo e Planaterra. Para realização dos ensaios seguiu-se as recomendações das normas rodoviárias do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte (DNIT). Os resultados para índice de forma ficaram entre 0,88 e 0,99 e para desgaste por abrasão ficaram entre 6% e 12,11%, atendendo assim as exigências normativas. Outros parâmetros, como a capacidade de absorção dos agregados deve ser levada em consideração na composição de misturas asfálticas. Agregados que apresentam baixa capacidade de absorção são mais indicados para este fim, pois irão consumir menor quantidade de ligante. Os resultados para absorção ficaram entre 1,08% sendo do agregado brita II da Pedreira Triângulo e 2,94% para o agregado brita II da Pedreira Treze Tílias. Ao final da pesquisa, conclui-se a importância do conhecimento das características físicas dos agregados que serão utilizados em obras de pavimentação asfáltica, considerando que essas características são diferentes e devem ser tratadas de forma distinta, constituindo assim, uma mistura mais eficiente com relação à economia, qualidade e durabilidade. Palavras-chave: Agregados. Características físicas. Misturas asfálticas.

¹ Graduanda em Engenharia Civil na Universidade do Oeste de Santa Catarina de Joaçaba; alana_quaiotto@hotmail.com

² Professora na Universidade do Oeste de Santa Catarina; gislaine.luvizao@unoesc.edu.br

1 INTRODUÇÃO

O transporte rodoviário no Brasil, é o sistema mais utilizado, onde efetua mais de 60% da movimentação de cargas no território nacional. Segundo dados do Sistema Nacional de Viação (SNV), correspondentes ao ano de 2016, a malha rodoviária brasileira, compreende 1.720.756 km, onde 1.351.959 km (78,6%) são rodovias não pavimentadas e apenas 21,4% são rodovias pavimentadas. A precariedade das rodovias existentes por falta de manutenção e a pequena malha viária asfaltada, são fatores que oneram o custo operacional dos artigos transportados e diante disso, destacasse a importância de uma maior eficiência na infraestrutura rodoviária, viabilizando pavimentos de qualidade.

As rodovias pavimentadas são constituídas por inúmeras camadas de diferentes materiais compactados, assentes sobre o terreno de fundação terraplanado, formando uma estrutura adequada para suportar as cargas solicitantes e melhorando as condições de rolamento quanto a comodidade e segurança.

Para garantir a durabilidade dos pavimentos, a escolha de materiais adequados e de qualidade, tanto na estrutura, como no revestimento, é um fator muito importante, que, se desprezado poderá ocasionar patologias no pavimento, como afundamento dos trilhos, desgaste no revestimento, perdendo a capacidade de atrito e por consequência a segurança dos usuários.

Diante disso, foram estudadas as características físicas dos agregados graúdos e miúdos, por meio de ensaios estabelecidos pelo DNIT, que determina a granulometria, massa específica, densidade real, massa unitária, teor de material pulverulento, desgaste por abrasão e índice de forma. Estes agregados foram coletados em pedreiras da região Meio Oeste de Santa Catarina, nas cidades de Iomerê, Caçador, Ibiam, Treze Tílias e Ibicaré.

2 REFERÊNCIAL TEÓRICO

2.1 AGREGADOS UTILIZADOS EM PAVIMENTOS

Para as finalidades de pavimentação, são diversas as propriedades que devem possuir os agregados, quanto a seu desempenho, para atender os requisitos necessários, como durabilidade, resistência, adesividade ao ligante etc. (BALBO, 2007, p. 96).

A utilização de agregados na pavimentação tem como objetivo a formação de um esqueleto pétreo que resista a ação do tráfego, sendo a sua resistência obtida por meio do entrelaçamento dos grãos (BRANCO; PEREIRA; SANTOS, 2008, p. 35).

Conforme Branco, Pereira e Santos (2008), o material agregado que constitui as misturas asfálticas para pavimentação é geralmente da ordem de 90 a 95% do seu peso, correspondendo a valores de 75 a 85% do seu volume.

2.1.1 Pavimentação asfáltica

Segundo Bernucci et al. (2007, p. 9), pavimento é uma estrutura de múltiplas camadas de espessuras finitas, construída sobre a superfície final de terraplenagem, destinada técnica e economicamente a resistir aos esforços oriundos do tráfego de veículos e do clima, e a propiciar aos usuários melhoria nas condições de rolamento, com conforto, economia e segurança.

De acordo com Branco, Pereira e Santos (2008, p. 9), algumas características da superfície de rolamento, como a textura, a capacidade antiderrapante, a cor, a geração de ruídos, estão relacionadas com a constituição da camada superior dos pavimentos.

Outras características, como a integridade, a regularidade, e o desempenho da superfície, traduzidas pela ausência de fendas, covas, depressões, e outras deformações, estão relacionadas com o comportamento estrutural do pavimento (BRANCO; PEREIRA; SANTOS, 2008, p. 9).

Assim, o pavimento deve conter a qualidade funcional e a qualidade estrutural. A primeira relacionada ao conforto e segurança de circulação e a segunda relacionada com a capacidade do pavimento para suportar as cargas dos veículos sem sofrer alterações (BRANCO; PEREIRA; SANTOS, 2008, p. 9).

Segundo Balbo (2007, p. 16), o objetivo imediato na escolha do tipo de pavimento a ser empregado em uma determinada obra, além das exigências a serem desempenhadas é a minimização de custos. Para isso, é necessária a pesquisa dos materiais disponíveis nas proximidades, comercializados ou não, considerando sua dificuldade de exploração e transporte.

O pavimento é uma estrutura não perene, composta por camadas sobrepostas de diferentes materiais compactados a partir do subleito, adequada para atender estrutural e operacionalmente ao tráfego, de maneira durável e ao mínimo custo possível (BALBO, 2007, p. 36).

"O comportamento estrutural depende da espessura de cada uma das camadas, da rigidez destas e do subleito, bem como da interação entre as diferentes camadas do pavimento." (BERNUCCI et al., 2007, p. 337).

A deformação dessas estruturas sob a ação das cargas de tráfego, depende da rigidez da própria estrutura, devido a sua pequena espessura, normalmente de 30 a 60 cm, mas depende também da resistência da fundação, assumindo um papel importante no dimensionamento e desempenho dos pavimentos (BRANCO; PEREIRA; SANTOS, 2008, p. 23).

Para Balbo (2007, p. 35), cada camada do pavimento possui uma ou mais funções específicas, que devem proporcionar aos veículos as condições adequadas de suporte e rolamento em qualquer condição climática.

As estruturas de pavimento são projetadas para resistirem a numerosas solicitações de carga, dentro do período de projeto, sem que ocorram danos estruturais fora do aceitável e previsto. Os principais danos considerados são a deformação permanente e a fadiga (BERNUCCI et al., 2007, p. 339).

Para se dimensionar adequadamente uma estrutura de pavimento, deve-se conhecer bem as propriedades dos materiais que a compõem, sua resistência à ruptura, permeabilidade e deformabilidade, frente à repetição de carga e ao efeito do clima (BERNUCCI et al., 2007, p. 339).

Conforme Balbo (2007, p. 36), o pavimento possui as seguintes camadas: revestimento, base, sub-base, reforço do subleito e subleito, sendo este último a fundação. O pavimento poderá não possuir camada de sub-base ou de reforço, mas a existência de revestimento e fundação são condições mínimas para que a estrutura seja chamada de pavimento.

2.2 ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO

Os ensaios de laboratório em agregados e a experiência prática devem indicar como uma rocha que existe há milhões de anos irá se comportar durante sua vida de projeto em um pavimento. Esse é o objetivo dos ensaios de desempenho (BERNUCCI et al., 2007, p. 115).

A seleção de agregados para utilização em revestimentos asfálticos depende de sua disponibilidade, custo e qualidade, bem como do tipo de aplicação (BERNUCCI et al., 2007, p. 129).

Para Robert et al. (1996 apud BERNUCCI et al., 2007, p. 129), são as propriedades físicas dos agregados que determinam principalmente a adequação para o uso em misturas 38 asfálticas. São propriedades físicas e mecânicas básicas: a resistência, a porosidade e a densidade.

“A aceitação dos agregados é definida pela análise de determinadas características, devendo-se proceder previamente à coleta de amostras de forma adequada.” (BERNUCCI et al., 2007, p. 130).

Para o desenvolvimento da pesquisa, foram realizados os ensaios de granulometria, massa específica, densidade real, teor de material pulverulento, massa unitária, abrasão a “Los Angeles” e índice de forma.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Os ensaios foram executados seguindo normas técnicas, com agregados graúdos e miúdos. Os agregados utilizados nesta pesquisa foram pó de pedra, pedrisco, brita I e brita II. As amostras foram recolhidas diretamente do material estocado em montes de grandes volumes no pátio das pedreiras. Para cada tipo de agregado foi coletado aproximadamente 35,00 Kg de material.

3.1 GRANULOMETRIA

O ensaio de granulometria seguiu as prescrições da norma rodoviária DNER-ME 083 (DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES, 1998c). Para efetivação do ensaio de granulometria, foram utilizadas peneiras da série normal e série intermediária,

além de uma tampa e um fundo para completar o jogo. Nesta pesquisa foi adotado o peneiramento manual, agitando a série de peneiras em movimentos laterais e circulares alternados. As Fotografias 1a e 1b demonstram o ensaio:

Fotografia 1 – Ensaio de granulometria dos materiais pétreos



(a)
Fonte: os autores.



(b)

3.2 MASSA ESPECÍFICA E DENSIDADE REAL DOS GRÃOS

O ensaio de massa específica foi realizado para os agregados graúdos (Fotografia 2a) seguindo as prescrições da norma DNER-ME 081 (DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES, 1998b).

O ensaio de determinação da densidade real do agregado miúdo (Fotografia 2b) foi realizado seguindo as prescrições da norma DNER-ME 084 (DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES, 1995).

Fotografia 2 – (a) Ensaio de massa específica do agregado graúdo

(b) densidade real dos grãos – miúdo



(a)
Fonte: os autores.



(b)

3.3 TEOR DE MATERIAL PULVERULENTO E MASSA UNITÁRIA

O ensaio de determinação do teor de material pulverulento foi realizado para os agregados brita I, brita II e pedrisco e pó de pedra seguindo as prescrições da norma DNER-

ME 266 (DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES, 1997). O ensaio de massa unitária (Fotografia 3) foi realizado para os agregados graúdos e miúdos seguindo as prescrições da norma DNER-ME 152 (DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES, 1995).

Fotografia 3 – Ensaio de massa unitária dos agregados graúdos e miúdos



Fonte: os autores.

Com os recipientes cheios, os mesmos foram pesados. Este mesmo procedimento foi realizado três vezes para cada agregado, possibilitando fazer um média com os valores obtidos para conseguir um resultado mais preciso.

3.4 DETERMINAÇÃO DA ABRASÃO “LOS ANGELES”

O ensaio de determinação da abrasão “Los Angeles” foi realizado para o agregado graúdo brita I seguindo as prescrições da norma DNER-ME 035 (DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES, 1998a). Para realização do ensaio utilizou-se a máquina “Los Angeles”, a qual possui um painel de controle, 12 esferas de aço com aproximadamente 48 mm de diâmetro e massa entre 390 g à 445 g, para utilização como carga abrasiva, além de uma bandeja metálica adequada para a retirada de material do tambor, um tambor com paredes espessas o qual é fixado nas laterais possibilitando giros em torno do seu eixo, sendo movimentado por um motor elétrico.

Levando em consideração a graduação “B” adotada, foram utilizadas 11 esferas para realização do ensaio. Definidas as informações necessárias, iniciou-se o ensaio, que foi realizado para o agregado brita I, de cinco pedreiras (Fotografia 4):

Fotografia 4 – Ensaio Abrasão Los Angeles



Fonte: os autores.

3.5 ÍNDICE DE FORMA

O ensaio de índice de forma foi realizado para o agregado graúdo brita I seguindo as prescrições da norma DNER-ME 086 (DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES, 1994).

Por meio da tabela de graduação, foi possível obter a faixa de graduação, adotando “C” para todos os agregados em função das suas granulometrias, a massa a ser utilizada em cada amostra e os crivos a serem utilizados (Fotografia 5):

Fotografia 5 – Ensaio de índice de forma



Fonte: os autores.

4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.1 GRANULOMETRIA

A partir do ensaio de granulometria dos agregados graúdos, foi possível enquadrá-los na faixa granulométrica (Tabela 1).

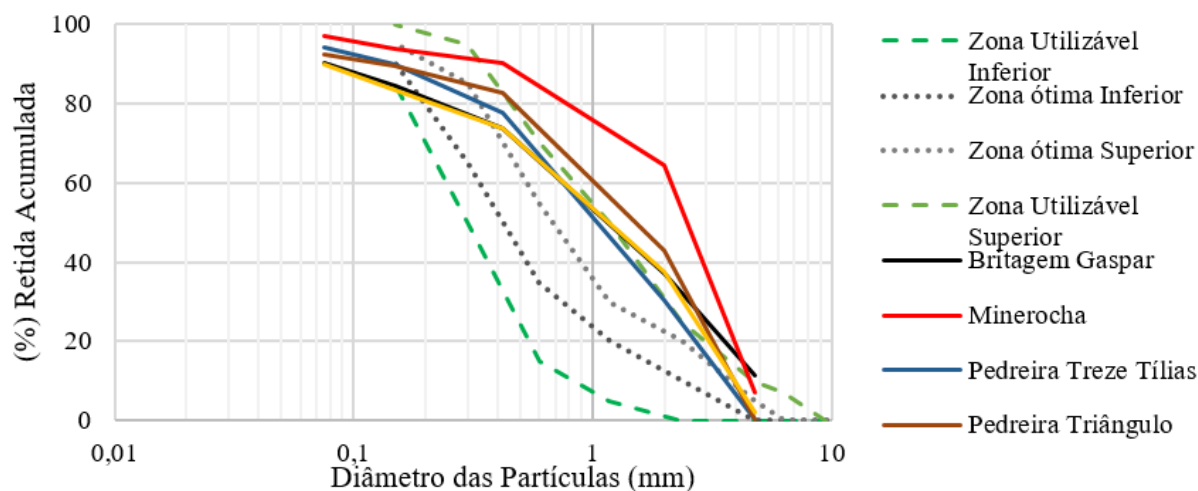
Tabela 1 – Faixa granulométrica

Pedreira	Material	Faixa Granulométrica
Britagem Gaspar	Pedrisco	4,75/12,5
	Brita I	9,5/25 - 19/31,5
	Brita II	19/31,5 - 25/50
Minerocha	Pedrisco	4,75/12,5
	Brita I	19/31,5
	Brita II	19/31,5 - 25/50
Pedreira Treze Tílias	Pedrisco	4,75/12,5
	Brita I	9,5/25 - 19/31,5
	Brita II	19/31,5
Pedreira Triângulo	Pedrisco	4,75/12,5
	Brita I	9,5/25
	Brita II	9,5/25 - 19/31,5
Planaterra	Pedrisco	4,75/12,5
	Brita I	9,5/25
	Brita II	9,5/25 - 19/31,5

Fonte: os autores.

Para o agregado miúdo os limites de distribuição granulométrica são divididos em zona ótima e zona utilizável. O Gráfico 1 apresenta os resultados obtidos no ensaio de granulometria para o pó de pedra das cinco pedreiras:

Gráfico 1 – Granulometria agregado miúdo



Fonte: os autores.

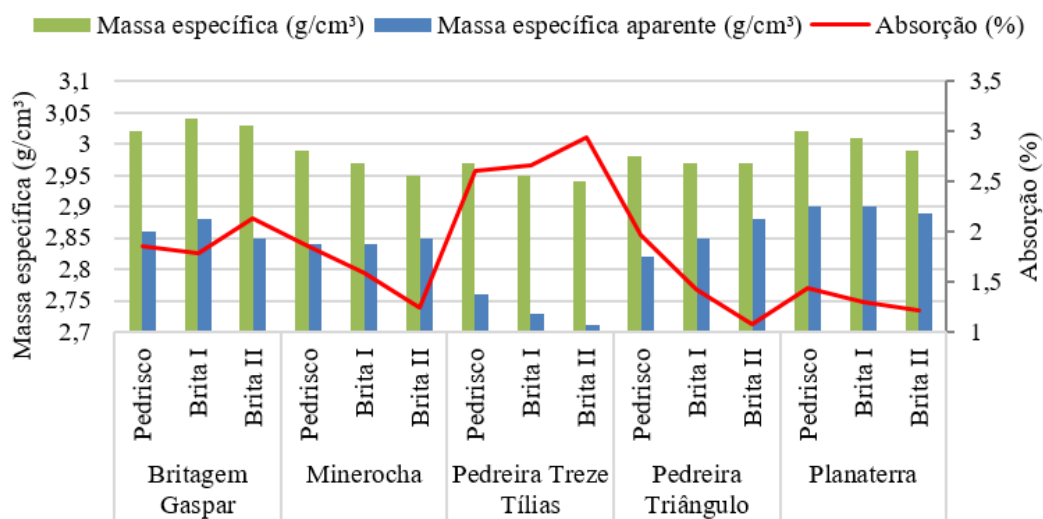
A granulometria dos agregados serve apenas para classificá-los em função do seu tamanho, não revelando características importantes para utilização em obras rodoviárias, pois para composição de misturas asfálticas é utilizada uma determinada porcentagem de material retido em cada peneira.

A granulometria serve também para enquadrar os agregados em faixas de graduação para realização de outros ensaios, como índice de forma, abrasão "Los Angeles" e para enquadramento na faixa de serviço identificando a composição da mistura asfáltica.

4.2 MASSA ESPECÍFICA E ABSORÇÃO AGREGADO GRAÚDO

Diante dos dados, equações e resultados do ensaio de massa específica dos agregados pedrisco, brita I e brita II de cinco pedreiras, obteve-se os resultados, conforme apresenta o Gráfico 2:

Gráfico 2 – Massa específica



Fonte: os autores.

Pode-se observar no gráfico acima, que quanto maior a massa específica aparente do agregado, menor é sua absorção, isso porque, existe uma relação entre a massa específica aparente com a porosidade do agregado e os vazios permeáveis.

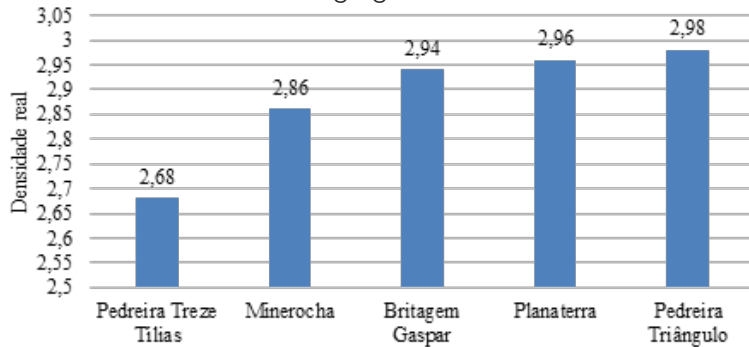
Agregados que apresentam alta capacidade de absorção, não são indicados para utilização em misturas asfálticas, pois irão absorver parte do ligante asfáltico que seria necessário para dar coesão a mistura, aumentando o consumo de ligante e consequentemente o custo da camada de rolamento.

É indicado a utilização de um agregado com capacidade máxima de absorção de 2%. Analisando os resultados obtidos nos ensaios para absorção, observa-se que apenas os agregados da Pedreira Treze Tílias apresentaram absorção superior a 2%, sendo 2,60% para o pedrisco, 2,66% para brita I e 2,94% para brita II. É possível a utilização de agregados com capacidade de absorção superior a 2%, porém, o consumo de ligante asfáltico será maior, aumentando assim o custo da obra.

4.3 DENSIDADE REAL DO AGREGADO MIÚDO

O Gráfico 3, apresenta os resultados obtidos no ensaio de densidade real do agregado miúdo:

Gráfico 3 – Densidade real agregado miúdo



Fonte: os autores.

Agregados menos porosos, com poucos vazios permeáveis, apresentam densidade elevada, reduzem a absorção de ligante, diminuindo assim, o custo da obra.

No gráfico acima, pode-se observar que o agregado da Pedreira Treze Tílias possui a menor densidade, sendo 2,68 e conseqüentemente tem a maior capacidade de absorção. O agregado da Pedreira Triângulo, tem a maior a densidade, 2,98, sendo menos poroso e com menor capacidade de absorção.

4.4 TEOR DE MATERIAL PULVERULENTO

O teor de material pulverulento do agregado pó de pedra é importante na composição de misturas asfálticas densas e enquadramento na faixa de serviço, por ser um material fino, ele irá preencher os vazios da mistura.

Os agregados pedrisco, brita I e brita II apresentam quantidade reduzida de material pulverulento por serem agregados de dimensões maiores e as peneiras que fazem o processamento e classificação desses materiais, possuem a malha mais espessa o que faz com que o material pulverulento acabe se dispersando.

O teor de material pulverulento está diretamente ligado com a granulometria dos agregados, visto que durante a granulometria, o material que passar da peneira 0,075 mm para o fundo é considerado material pulverulento.

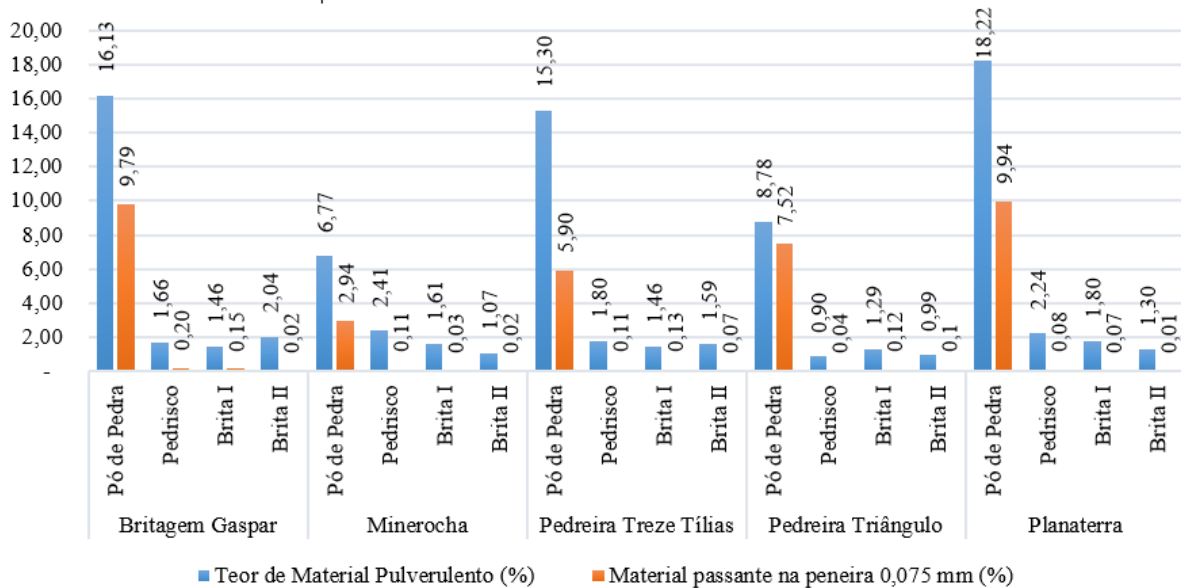
A porcentagem de material passante na peneira 0,075 mm deve ser menor, porém não muito distinta do que a porcentagem de material pulverulento, isso porque para realização deste ensaio o agregado é lavado.

O Gráfico 4 apresenta as porcentagens de material pulverulento no ensaio de granulometria e no ensaio de determinação do teor de material pulverulento.

Comparando os valores apresentados no gráfico para o material pó de pedra que é mais visível, nota-se que as porcentagens de material pulverulento obtidas com a realização do ensaio do teor de material pulverulento são realmente maiores, mas a diferença de porcentagem chegou a 9,4%, sendo um valor muito grande. Isso pode ocorrer pois durante o ensaio de granulometria o material pulverulento ficou aderido no agregado, mascarando a granulometria real e consequentemente prejudicando a adesividade ao ligante.

Visualiza-se também no gráfico que apresentou valores distintos, porém não desproporcionais o agregado pó de pedra da Pedreira Triângulo.

Gráfico 4 – Teor de material pulverulento



Fonte: os autores.

4.5 MASSA UNITÁRIA

A Tabela 2 apresenta os resultados de massa unitária dos agregados, obtidos com a realização do ensaio. Os resultados de massa unitária servem para compra dos agregados, visto que estes são comercializados por m³.

Tabela 2 – Massa unitária

Pedreira	Material	Massa unitária (kg/dm ³)
Britagem Gaspar	Pó de pedra	1,67
	Pedrisco	1,33
	Brita I	1,44
	Brita II	1,28
Minerocha	Pó de pedra	1,4
	Pedrisco	1,51
	Brita I	1,48
	Brita II	1,37

Pedreira	Material	Massa unitária (kg/dm ³)
Pedreira Treze Tílias	Pó de pedra	1,47
	Pedrisco	1,25
	Brita I	1,37
	Brita II	1,26
Pedreira Triângulo	Pó de pedra	1,55
	Pedrisco	1,51
	Brita I	1,53
	Brita II	1,43
Planaterra	Pó de pedra	1,83
	Pedrisco	1,52
	Brita I	1,51
	Brita II	1,49

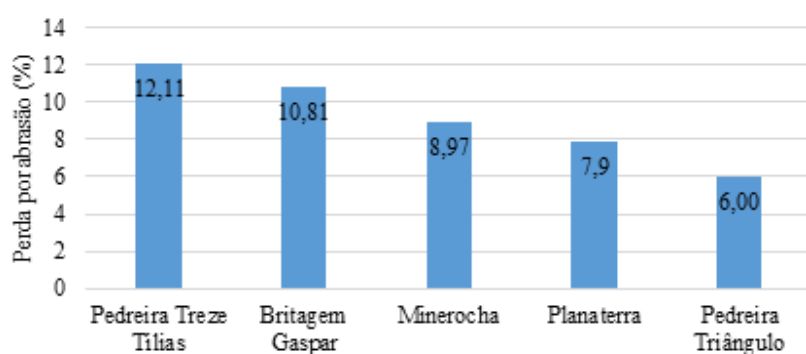
Fonte: os autores.

4.6 ABRASÃO LOS ANGELES

Em obras de pavimentação asfáltica, os limites de aceitação por desgaste a abrasão, são especificados pela norma de pavimentos flexíveis DNIT-ES 031 (DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE, 2006), sendo que é permitido um desgaste inferior ou igual a 50% para utilização em bases e revestimentos.

Conforme o Gráfico 5, pode-se observar que as amostras submetidas ao ensaio ficaram abaixo dos valores máximos aceitáveis, indicando que os agregados fornecidos em pedreiras da região Meio Oeste de Santa Catarina, tem boa resistência a abrasão, podendo ser utilizados em obras de pavimentação asfáltica.

Gráfico 5 – Perda por abrasão (%)



Fonte: os autores.

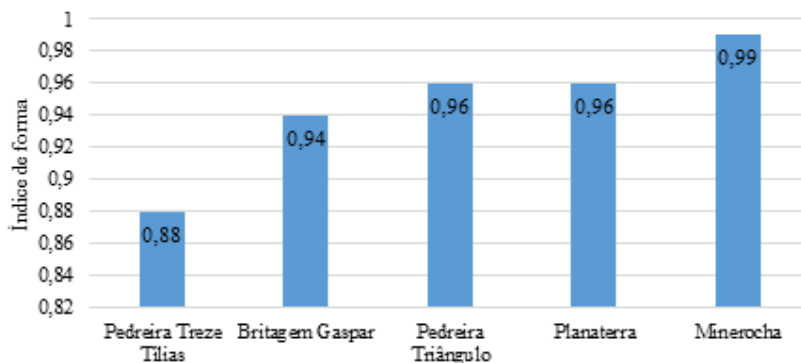
Observando o gráfico, percebe-se que o material que sofreu menor perda por abrasão foi da Pedreira Triângulo, com apenas 6% de desgaste e o que sofreu maior perda por abrasão foi o agregado da Pedreira Treze Tílias, com 12,11% de desgaste, porém todos eles se encaixam nos limites de aceitação especificados na norma.

4.7 ÍNDICE DE FORMA

Os limites de aceitação para índice de forma, é especificado pela norma de pavimentos flexíveis DNIT 031-ES (DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE, 2006), a qual cita que dever ser superior a 0,5 para utilização em bases e revestimentos.

Como pode-se observar no Gráfico 6, os agregados das cinco pedreiras estudadas atendem os parâmetros mínimos de índice de forma, ficando todos superiores a 0,5.

Gráfico 6 – Índice de forma dos agregados



Fonte: os autores.

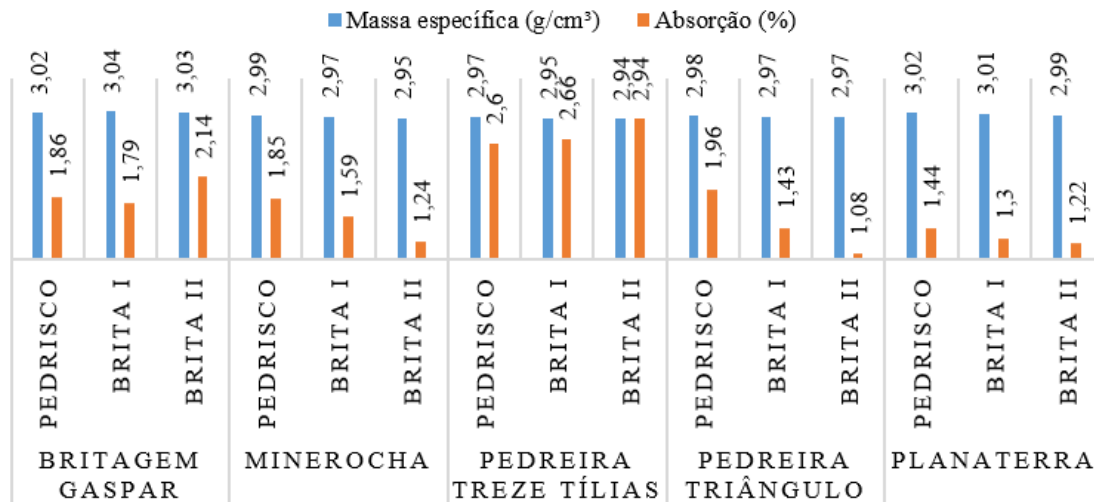
A utilização de agregados com formas planas e/ou alongadas em misturas asfálticas, pode causar vários problemas, dentre eles a quebra de agregados durante a compactação e a diminuição da trabalhabilidade da mistura.

4.8 COMPARATIVO DE CARACTERÍSTICAS IMPORTANTES NA MISTURA ASFÁLTICA

Com os resultados obtidos na realização dos ensaios, foi possível fazer uma comparação de alguns fatores importantes na composição de uma mistura asfáltica.

A massa específica aparente e densidade dos agregados, pode revelar se os mesmos apresentam alta ou baixa capacidade de absorção. Esta condição, interfere na composição de uma mistura asfáltica, visto que, agregados que apresentam grande quantidade de vazios permeáveis, são mais vulneráveis a absorção de ligante asfáltico. Essa absorção de ligante pode acarretar em uma mistura com baixa coesão ou uma mistura mais custosa, se a quantidade que o agregado absorve de ligante for compensada na mistura. O Gráfico 7, demonstra os valores de massa específica aparente e absorção:

Gráfico 7 – Massa específica e absorção



Fonte: os autores.

Observando-o, nota-se que a Planaterra apresenta os menores valores de absorção se analisado os três agregados em conjunto.

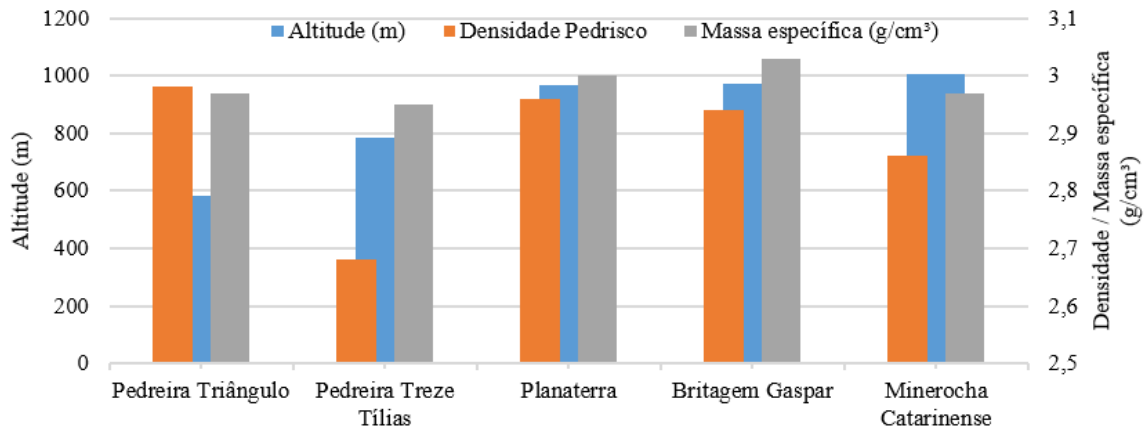
Outro fator importante na composição de misturas asfálticas é o enquadramento dos agregados na faixa de serviço. Em alguns casos não foi possível enquadrar os agregados na faixa de serviço, sem adição de outro material na mistura, isso acontece, pois, os mesmos não apresentam boa graduação, com dimensões contínuas. A adição de outros materiais na mistura torna-a mais custosa também.

Apenas os agregados da Planaterra e Britagem Gaspar, se enquadraram na faixa de serviço C do DNIT, sem a necessidade de adição de outro material. Comparando os valores de absorção dos agregados e o enquadramento na faixa de serviço, características estas que são importantes na composição de misturas asfálticas, nota-se que a Planaterra apresenta resultados apropriados nas duas determinações.

Com o resultado de algumas características físicas dos agregados, foi possível fazer um comparativo, avaliando a relação dessas características com a altitude das jazidas

O Gráfico 8, apresenta a comparação entre densidade e massa específica com a altitude:

Gráfico 8 – Relação entre densidade, massa específica e altitude



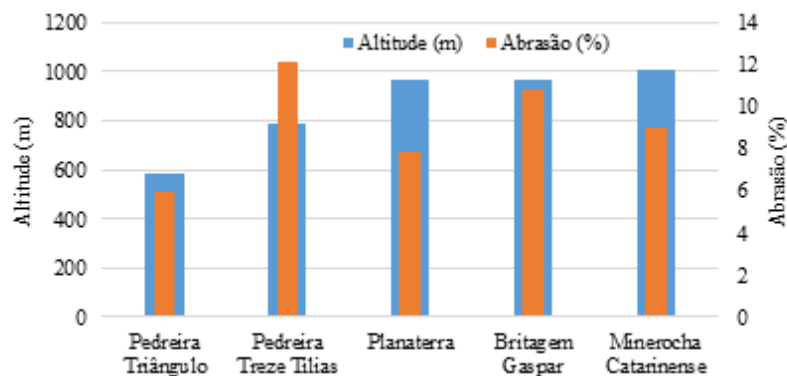
Fonte: os autores.

Observando o gráfico, com relação a densidade real do material pó de pedra e altitude da jazida, nota-se que quanto maior a altitude, menor a densidade do agregado, exceto para a Pedreira Treze Tílias que não seguiu esse comportamento, tendo a segunda menor altitude e a menor densidade. A Pedreira Triângulo, tendo a menor altitude, com 581 metros, possui a maior densidade do agregado, sendo 2,98 e a Minerocha Catarinense, tendo a maior altitude com 1004 metros, apresentou a segunda menor densidade, sendo 2,86.

Para a massa específica do agregado gráudo, nota-se uma disparidade nos valores, não sendo possível encontrar uma relação entre altitude da jazida e a massa específica.

O Gráfico 9 apresenta uma comparação entre o desgaste a abrasão e a altitude da jazida:

Gráfico 9 – Relação entre o desgaste por abrasão e a altitude



Fonte: os autores.

Observando o gráfico nota-se que das pedreiras analisadas, a Pedreira Triângulo que possui a menor altitude, 581 metros, apresentou o menor desgaste por abrasão, sendo 6%. Porém, a Pedreira Treze Tílias que possui a segunda menor altitude, apresentou o maior desgaste por abrasão, 12,11%.

A discrepância nos resultados da Pedreira Treze Tílias, dificultando uma comparação mais precisa das características físicas dos agregados com a altitude da jazida, pode ocorrer devido a composição da rocha basáltica que dá origem aos agregados dessa pedreira.

5 CONCLUSÃO

Através do presente estudo, foi possível identificar que mesmo os agregados sendo provenientes de pedreiras relativamente próximas, num raio de 40 km da cidade de Videira (SC), os mesmos apresentam características distintas, que devem ser levadas em consideração na composição das misturas asfálticas.

O índice de forma dos agregados deve ser superior a 0,5 para utilização em bases e revestimentos. Os resultados encontrados no ensaio ficaram entre 0,88 sendo da Pedreira Treze Tílias e 0,99 da Minerocha Catarinense. Para o ensaio de abrasão a "Los Angeles" é permitido um desgaste nos agregados inferior ou igual a 50% para utilização em bases e revestimentos. Os resultados encontrados no ensaio ficaram entre 6% sendo da Pedreira Triângulo e 12,11% sendo da Pedreira Treze Tílias. Os resultados obtidos nos ensaios de índice de forma e abrasão a "Los Angeles" ficaram abaixo dos limites aceitáveis definidos pelas especificações normativas, sendo agregados de boa qualidade que podem ser empregados em obras de pavimentação asfáltica.

Fazendo um comparativo das características físicas dos agregados com a altitude das jazidas, notou-se que há uma possível relação entre a densidade do agregado miúdo e o desgaste a abrasão com a altitude. A Pedreira Triângulo, tendo a menor altitude, com 581 metros, possui a maior densidade do agregado, sendo 2,98 e a Minerocha Catarinense, tendo a maior altitude com 1004 metros, apresentou a segunda menor densidade, sendo 2,86. Apontou valores discrepantes com relação a densidade e altitude a Pedreira Treze Tílias, possuindo a segunda menor altitude e a menor densidade. Com relação ao desgaste por abrasão, a Pedreira Triângulo que possui a menor altitude, 581 metros, apresentou o menor desgaste por abrasão, sendo 6%. Porém, a Pedreira Treze Tílias que possui a segunda menor altitude, apresentou o maior desgaste por abrasão, 12,11%.

Portanto, ao final da pesquisa, conclui-se e destaca-se a importância do conhecimento das características físicas dos agregados que serão utilizados nas diversas camadas em obras de pavimentação asfáltica, considerando que essas características são diferentes e devem ser tratadas de forma distinta, constituindo assim, uma mistura mais eficiente com relação à economia, qualidade e durabilidade.

REFERÊNCIAS

BALBO, José Tadeu. **Pavimentação Asfáltica**: materiais, projeto e restauração. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

BERNUCCI, Liedi Bariani *et al.* **Pavimentação Asfáltica**: formação básica para engenheiros. Rio de Janeiro: Petrobrás, 2007.

BRANCO, Fernando; PEREIRA, Paulo; SANTOS, Luís Picado. **Pavimentos Rodoviários**. Coimbra, Portugal: Almedina, 2008.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNER-ME 035**: Agregados – Determinação da abrasão “Los Angeles”. Rio de Janeiro, 1998a.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNER-ME 081**: Agregados – determinação da absorção e da densidade de agregado graúdo. Rio de Janeiro, 1998b.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNER-ME 083**: Agregados – análise granulométrica. Rio de Janeiro, 1998c.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNER-ME 084**: Agregado miúdo – determinação da densidade real. Rio de Janeiro, 1995.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNER-ME 086**: Agregados – determinação do índice de forma. Rio de Janeiro, 1994.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNER-ME 152**: Agregado em estado solto – determinação da massa unitária. Rio de Janeiro, 1995.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNER-ME 266**: Agregados – determinação do teor de materiais pulverulentos. Rio de Janeiro, 1997.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT-ES 031**: Pavimentos flexíveis – Concreto asfáltico. Rio de Janeiro, 2006.

