

Ensaio de envelhecimento em concreto asfáltico contendo resíduo de areia verde de fundição

Raquel Luísa Pereira Carnin, DSc.

Universidade Federal do Paraná – Departamento de Química
raquel@tupy.com.br

Carlos Jorge da Cunha, DSc.

Universidade Federal do Paraná – Departamento de Química
cjcunha2003@yahoo.com.br

RESUMO

A possibilidade do reaproveitamento do resíduo areia verde de fundição como agregado em misturas asfálticas pode contribuir tanto para reduzir o volume de material descartado quanto para atender à grande demanda regional de pavimentação de ruas e estradas, contribuindo para o desenvolvimento sustentável. Nesse estudo serão analisados os envelhecimentos de corpos-de-prova do Concreto Asfáltico, contendo 15% do resíduo areia verde de fundição, bem como as análises ambientais com o objetivo de verificar se este material irá causar dano ao meio ambiente ou à saúde humana após o seu envelhecimento.

PALAVRAS-CHAVE

Resíduo Areia Verde de Fundição, Classificação de Resíduos, Envelhecimento.

ABSTRACT

The reclaiming foundry green sand as aggregate in asphaltic mixes contributes to the reduction of the volume of discarded material, helps meeting the large regional demand for street and road paving services and contributes to the sustainable development. This study evaluates the aging of Hot Machined Asphalt Concrete containing 15% of foundry green sand residues, as well as leaching tests in order to verify if this material would cause damage to the environment or to human health after aging.

KEYWORDS

Foundry green sand residue, industrial residue classification, aging.

1 – INTRODUÇÃO

Vários resíduos industriais já são usados em materiais para construção civil e vários outros têm tido a sua viabilidade analisada. A reutilização do resíduo de areia de fundição como agregado na construção civil é atraente do

ponto de vista econômico e da proteção ao meio ambiente e justifica investimentos em estudos sobre possíveis alterações de processos e substituições de matérias-primas. Alguns estudos preliminares sobre o uso de areia verde de fundição como agregado para aplicações na construção civil já foram feitos no Brasil [COUTINHO, 2004;

STEFENON, 2003; BONET, 2002, BONIN, 1995 e BINA *et al*, 2000] e nos EUA [ABICHOU *et al*, 1999; MILLER *et al*, 1998] com resultados satisfatórios.

As areias de fundição representam um dos resíduos sólidos industriais com maior volume de produção. Somente no Brasil são gerados cerca de 1.500.000m³ por ano [MARIOTTO, 2001]. A maior parte destes resíduos é disposta em aterros industriais com custos para os geradores e impactos para o meio ambiente.

Em relação aos aspectos ambientais do reaproveitamento da areia de fundição, devemos inicialmente classificá-la quanto à sua potencialidade de agressão ao ambiente e à saúde pública de acordo com a Norma da ABNT NBR 10.004.

Este artigo tem como objetivo apresentar os resultados do estudo da incorporação de 15% do resíduo areia verde de fundição em misturas asfálticas envelhecidas e comparar os resultados com a norma de Classificação de Resíduos da ABNT NBR 10.004/2004.

Neste estudo o resíduo areia verde de fundição será denominado RAVF, e a areia verde de fundição será denominada de AVF.

1.1 – REVISÃO DE LITERATURA

1.1.1 – A Problemática dos Resíduos de Fundição

As indústrias são consideradas como grandes geradoras de efeitos nocivos ao meio ambiente, pela própria transformação dos recursos naturais em bens e pela geração de enorme quantidade de resíduos. Considerando-se a diversidade e o porte do parque industrial brasileiro, pode-se afirmar que a quantidade e a qualidade dos resíduos sólidos gerados assumem uma importância considerável no processo de degradação do meio e de exploração de recursos naturais.

A ABNT NBR 10.004 [2004] define que resíduos sólidos são os resíduos que se apresentam no estado sólido ou semi-sólido, resultantes das atividades industriais, domésticas, hospitalares, comerciais, agrícolas, de serviços e de varrição. Os resíduos sólidos são considerados como perigosos quando suas características apresentarem risco à saúde pública, provocando doenças e até a

morte ou riscos ao meio ambiente, quando gerenciado de forma inadequada.

A classificação de resíduos de acordo com a ABNT NBR 10.004 [2004] compreende desde a identificação do processo que gerou este resíduo, as características de seus constituintes e a comparação destes constituintes com as listagens de substâncias cujo impacto à saúde e ao meio ambiente já é conhecido.

A norma NBR 10.004 de 2004 classifica os resíduos nas duas classes segundo sua composição e propriedades:

- a) resíduos classe I – Perigosos;
- b) resíduos classe II – Não perigosos;
 - resíduos classe II A – Não inertes.
 - resíduos classe II B – Inertes.

Entre as indústrias, as de fundição, em particular, geram vários tipos de resíduos, dentre eles um tipo de resíduo sólido proveniente do descarte das chamadas “areias verde de fundição”, as quais respondem pela maior parcela de peças fundidas no Brasil, sendo que aproximadamente 80% das fundições nacionais utilizam tais areias [PABLOS, 1996].

Várias pesquisas mostram que o reaproveitamento do resíduo areia verde como subproduto em outros processos é viável técnica e ambientalmente, uma vez que a adição do resíduo de areia não interferiu nas características funcionais dos produtos e o extrato lixiviado obtido nas análises das amostras não apresentou limites superiores aos da NBR 10.004. Entretanto, este procedimento ainda não é permitido pelos órgãos ambientais, uma vez que as areias de fundição são classificadas segundo a ABNT NBR 10.004 como resíduos Classe II-A (não inertes).

O RAVF é classificado como resíduo classe II A, porque apresenta no ensaio de solubilização alumínio, ferro e manganês acima do valor máximo permitido da norma ABIFA [2006].

SILVA [2007] relata em seu estudo que a norma da ABNT NBR 10.004 foi baseada no Código Federal de Registros – CFR 40 – Proteção do Meio Ambiente – Part 261 – Hazardous waste management. Este documento orienta a classificação dos resíduos em duas classes apenas: perigosos e não-perigosos; e não menciona o ensaio de solubilização de resíduos. Entretanto, a norma

brasileira classifica os resíduos sólidos em duas classes e exige o teste de solubilização que é o principal responsável pela classificação do RAVF em classe IIA.

Os órgãos ambientais do Brasil (exceção o estado de São Paulo e de Santa Catarina) utilizam a norma NBR 10.004 como parâmetro único para decidir o que fazer com o RAVF. Por isso as empresas têm de enviar para aterros comerciais ou construir aterros próprios. Isto ocorre apesar de esta Norma ter o objetivo de ser uma referência e não tem a finalidade de definir se o RAVF pode ser reaproveitado.

As areias de moldagem são extraídas da natureza, e a extração destas ocasiona um impacto ambiental. Devido a isso o reaproveitamento do RAVF deve ser incentivado de modo a extrair a menor quantidade possível da natureza, conservando as areias de rios e cavas.

1.1.2 – Estudo do Envelhecimento

Em decorrência das adversidades climáticas às quais os pavimentos estão sujeitos no dia-a-dia, a vida do pavimento fica prejudicada. As intempéries a que estão sujeitos os pavimentos colaboram para que a duração do pavimento seja reduzida.

É importante conhecer o comportamento mecânico do pavimento, mas também quando seu desempenho é alterado em função do envelhecimento sofrido.

O ensaio de envelhecimento é realizado a curto e a longo prazo para simular, respectivamente, o envelhecimento da mistura na fase de pré-compactação (usina, transporte e lançamento) no processo de construção e o envelhecimento que ocorre ao longo da vida em serviço (7 a 10 anos) do pavimento.

2 – DESCRIÇÃO GERAL E MÉTODOS INVESTIGATIVOS

O objetivo deste estudo é demonstrar que a aplicação do resíduo areia verde de fundição em Concreto Asfáltico envelhecido não apresenta riscos ao meio ambiente e à saúde pública.

2.1 – Material e Métodos

O resíduo foi gerado no processo de moldagem de fundição de ferro, de uma empresa de fundição localiza-

da em Joinville. Os agregados utilizados neste estudo foram doados pela Rudnick Minérios, na região de Joinville, SC, já empregados na pavimentação, os quais estavam devidamente ensacados, posteriormente os mesmos foram armazenados em temperatura ambiente. Na Figura 2.1 pode-se visualizar os materiais usados no trabalho.



Figura 2.1 Materiais utilizados no Concreto Asfáltico.

2.2 – Preparo dos corpos-de-prova

Com base na análise granulométrica do RAVF e dos agregados, foram projetados quatro corpos-de-prova contendo 15% de areia natural e 15% de RAVF. A porcentagem ótima de asfalto foi obtida através da média aritmética dos três valores seguintes: % de asfalto correspondente à máxima densidade; % de asfalto correspondente à máxima estabilidade; e % de asfalto correspondente à porcentagem média de vazios prevista para o tipo de mistura.

Na confecção de cada corpo-de-prova, os leões projetados de frações de agregado e asfalto foram aquecidos separadamente, sendo que o ligante foi aquecido até a temperatura de 135°C e os agregados em 145°C e depois misturados, mantendo-se constante a temperatura da mistura. A mistura foi então colocada em molde cilíndrico (100mm de diâmetro e 63mm de altura) e compactada com soquete. Após resfriada à temperatura ambiente, o corpo-de-prova foi desenformado (retirado do molde metálico) e enviado para o ensaio de envelhecimento.

2.3 – Ensaio de Envelhecimento

Para simular o envelhecimento em curto prazo, a mistura é condicionada em uma estufa ($135 \pm 3^\circ\text{C}$) com ventilação por um período de 4 horas \pm 5 minutos e em longo prazo, os corpos-de-prova deverão ser colocados em estufa com ventilação ($85 \pm 3^\circ\text{C}$) por um período de 120 horas (5 dias) \pm 30 minutos.

Conforme Coutinho [2004], os procedimentos para o envelhecimento em curto prazo (AASHTO PP2-00), em linhas gerais, são:

- ✓ Colocar a mistura em uma bandeja e espalhá-la em camada uniforme, com espessura de 25 a 50mm;
- ✓ Condicionar a mistura, devidamente espalhada, em estufa ventilada, a uma temperatura de $135 \pm 3^\circ\text{C}$, por um período de 4 horas \pm 5 minutos;
- ✓ Mexê-la a cada 60 minutos \pm 5 minutos, para garantir o acondicionamento uniforme;
- ✓ Retirar a mistura da estufa, após o período de acondicionamento. A mistura, envelhecida em curto prazo, está pronta para ser condicionada na temperatura de compactação e ser compactada, posteriormente.

Os procedimentos para o envelhecimento em longo prazo (AASHTO PP2-00) são:

- ✓ Compactar os corpos-de-prova, conforme o método especificado (Marshall);
- ✓ Após compactação, deixar os corpos-de-prova em temperatura ambiente por um período de 16 ± 1 hora. Extraí-los do molde, após um período de duas a três horas do término da compactação. O esfriamento dos corpos-de-prova, geralmente, é programado para a noite, contudo pode ser adiantado, com a colocação de um ventilador em frente ao corpo-de-prova;

Para simular o envelhecimento em longo prazo, condicionar os corpos-de-prova em estufa ventilada, a uma temperatura de $85 \pm 3^\circ\text{C}$, por um período de 120 \pm 0,5 horas;

- ✓ Após este período, desligar a estufa, abrir as portas para permitir o esfriamento dos corpos-de-prova em temperatura ambiente, por um período de, aproximadamente, 16 horas. Não tocar ou remover as amostras durante este período;

- ✓ Após esfriamento, em temperatura ambiente, remover os corpos-de-prova da estufa. Os corpos-de-prova estão prontos para serem ensaiados.

2.4 – Análises Ambientais

A fim de verificar o comportamento ambiental do material envelhecido, contendo 15% de RAVF, foram realizados ensaios de lixiviação e solubilização segundo normas ABNT, aplicada aos resíduos 100% sólidos, no laboratório TASQA, em Paulínia-SP. Também foi realizada a análise de toxicidade aguda. Os corpos-de-prova de concreto asfáltico foram triturados, antes do preparo dos extratos, para expor os possíveis contaminantes ao líquido extrator simulando o pior cenário de risco ambiental.

• Ensaio de Lixiviação (NBR 10.005)

Uma amostra do resíduo seco é peneirada em malha de 9,5mm, e 100g do material passante são transferidos para um frasco de lixiviação contendo 2.000 mL de solução de extração com agitação de (30 ± 2) rpm durante $(18 \pm 2\text{h})$ à temperatura de 25°C . O filtrado obtido é denominado de extrato lixiviado. No extrato lixiviado são analisados diversos parâmetros selecionados por procedimentos específicos.

• Ensaio de Solubilização (NBR 10.006)

Uma amostra do resíduo seco é peneirada em malha de 9,5mm, e 250g do material passante são transferidos para um frasco contendo 2.500 mL de água deionizada. O frasco é coberto e deixado em repouso por sete dias, em temperatura até 25°C . O filtrado obtido é denominado de extrato solubilizado. No extrato solubilizado são analisados diversos parâmetros selecionados por procedimentos específicos.

• Ensaio de Toxicidade (*Daphnia magna*)

Os ensaios ecotoxicológicos para a determinação da toxicidade aguda de amostras líquidas foram realizados pela Assessoria Ambiental UMWELT Ltda, localizada em Blumenau-SC. Os ensaios foram baseados na Norma ABNT NBR 12.713, a qual faz uso do organismos-teste (bioindicador): o microcrustáceo *Daphnia magna*. O ensaio consiste na exposição do bioindicador à amostra em diluições sucessivas,

sob condições experimentais estritamente controladas, e na avaliação do efeito tóxico da mesma, que se manifesta por meio da inibição da capacidade natatória do microcrustáceo.

3 – RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Tabela 3.1, são mostrados os resultados do ensaio de solubilização dos materiais utilizados no estudo, com exceção dos agregados graúdos. O cimento asfáltico de petróleo – CAP 20 e os corpos-de-prova atendem aos parâmetros estabelecidos na norma de classificação de resíduos.

Nas Tabelas 3.3 e 3.4, estão apresentados os resultados do ensaio de solubilização e lixiviação dos corpos-de-

sentam riscos ao meio ambiente. No entanto, os ensaios descritos na norma da ABNT NBR 10.004 classificam o RAVF como não inerte, porém, a areia natural (usada em pavimentação) também apresentou parâmetros acima do permitido pela legislação.

Os teores de sódio, alumínio e sulfato, no RAVF, excedem os valores máximos permitidos. A fonte destes parâmetros é a água de abastecimento urbano utilizada na produção da areia de moldagem, que é tratada por sulfato de alumínio, hidróxido de cálcio, fluorsilicato de sódio e ortopolifosfato de sódio. Os teores originais destes parâmetros na água de abastecimento não são elevados, porém, a água adicionada continuamente à areia de fun-

Tabela 3.1 – Resultados de Solubilização dos Materiais Utilizados no Estudo e dos Corpos-de-prova Não Envelhecidos.

Parâmetros	Areia Natural	RAVF	CAP-20	Corpo-de-prova 15% Areia Natural	Corpo-de-prova 15% RAVF	LQ ⁽¹⁾	VMP ⁽²⁾
Alumínio	14,9	55,45	0,013	0,025	0,17	0,05	0,2
Bário	0,10	0,5	0,053	0,059	0,064	0,003	0,7
Cádmio	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	0,004	0,005
Cromo	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	0,013	0,05
Fenóis	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	0,004	0,001	0,01
Ferro	4,55	20,7	< LQ	0,041	< LQ	0,02	0,3
Manganês	0,052	0,13	< LQ	0,025	< LQ	0,02	0,1
Sódio	0,94	210	0,35	0,72	5,98	0,1	200
Sulfato	4	300	< LQ	< LQ	< LQ	1	250

⁽¹⁾ LQ = Limite de Quantificação / ⁽²⁾ VMP = Valor Máximo Permitido.

prova envelhecidos. Os resultados da análise de lixiviação atenderam a todos os parâmetros estabelecidos, demonstrando que o corpo-de-prova envelhecido contendo 15% de RAVF não é perigoso. A Tabela 3.3 mostra os resultados de toxicidade aguda. Neste estudo apenas serão mostrados os parâmetros alumínio, cromo, ferro, manganês, sódio e sulfato, por serem os elementos que ultrapassam os valores máximos permitidos na norma da ABNT NBR 10.004 quando o RAVF é submetido ao ensaio de solubilização.

Conforme mostra a Tabela 3.5, o RAVF se enquadra na categoria de indústria metal-mecânica de acordo com a Portaria 017/02 FATMA.

Os resultados dos ensaios ambientais realizados em amostras de areia natural e em massa asfáltica com 15% de RAVF concluem que estes são materiais que não apre-

sentam riscos ao meio ambiente. No entanto, os ensaios descritos na norma da ABNT NBR 10.004 classificam o RAVF como não inerte, porém, a areia natural (usada em pavimentação) também apresentou parâmetros acima do permitido pela legislação.

Tabela 3.2 – Resultados do Ensaio de Toxicidade Aguda com *Daphnia magna* dos Materiais não Envelhecidos

Amostras	Resultado	VMP ⁽¹⁾ FATMA ⁽²⁾
RAVF	FT ₀ = 2	4
Corpo-de-prova c/ 15% RAVF	FT ₀ = 1	4

⁽¹⁾ VMP para empresas do ramo metal-mecânico / ⁽²⁾ FATMA = Órgão Ambiental de Santa Catarina

Tabela 3.3 – Resultados de Solubilização dos Corpos-de-prova Envelhecidos

Parâmetros	Corpo-de-prova 15% Areia Natural	Corpo-de-prova 15% RAVF	LQ ⁽¹⁾	VMP ⁽²⁾
Alumínio	0,18	0,25	0,05	0,2
Ferro	0,1	0,1	0,02	0,3
Manganês	< LQ	< LQ	0,02	0,1
Sódio	2,41	13,9	0,1	200
Sulfato	< LQ	13	1	250

⁽¹⁾ LQ = Limite de Quantificação / ⁽²⁾ VMP = Valor

Tabela 3.4 – Resultados de Lixiviação dos Corpos-de-prova Envelhecidos

Parâmetros	Corpo-de-prova 15% Areia Natural	Corpo-de-prova 15% RAVF	LQ ⁽¹⁾	VMP ⁽²⁾
Alumínio	0,21	0,19	0,005	0,2
Ferro	0,69	0,48	0,02	0,3
Manganês	0,1	0,15	0,02	0,1
Sódio	1207	1230	0,01	200
Sulfato	< LQ	< LQ	2	250

⁽¹⁾ LQ = Limite de Quantificação / ⁽²⁾ VMP = Valor Máximo Permitido

confirmaram que tanto o RAVF quanto a massa asfáltica contendo 15% de RAVF não apresentam riscos toxicológicos e também confirmam que os íons presentes no solubilizado da massa asfáltica foram aprisionados pelo CAP-20.

Conforme os resultados expostos na Tabela 3.2, o corpo-de-prova envelhecido contendo RAVF apresentou o parâmetro alumínio acima do permitido pela norma, porém, em estudos preliminares realizados com a areia natural, esta também apresentou alumínio acima do permitido.

Os resultados de toxicidade dos corpos-de-prova envelhecidos mostram que não houve liberação de contaminantes que pudessem comprometer o meio ambiente e a saúde humana.

4 – CONCLUSÕES

Os estudos de classificação dos corpos-de-prova com RAVF demonstraram que as espécies químicas dos parâmetros críticos foram todas encapsuladas no concreto asfáltico, de tal modo que nenhum deles extrapolou os limites máximos estabelecidos na lei, mesmo quando o corpo-de-prova foi envelhecido e triturado. A única ex-

Tabela 3.5 – Resultados do Ensaio de Toxicidade Aguda com *Daphnia magna*.

Amostras Envelhecidas	Resultado	VMP ⁽¹⁾ FATMA ⁽²⁾
Corpo-de-prova c/15% de areia natural	FT ₅₀ = 2	4
Corpo-de-prova c/15% RAVF	FT ₅₀ = 1	4

⁽¹⁾ VMP para empresas do ramo metal-meccânica / ⁽²⁾ FATMA = Órgão Ambiental de Santa Catarina

ceção foi o parâmetro alumínio, que extrapolou ligeiramente o limite máximo no teste de solubilização, realizado no corpo-de-prova envelhecido. O RAVF e o corpo-de-prova com RAVF não apresentaram toxicidade aguda ao organismo de referência *Daphnia magna*.

5 – AGRADECIMENTOS

Os autores do presente trabalho gostariam de registrar os seus agradecimentos às seguintes pessoas e instituições: Tupy S.A., Universidade Federal do Paraná, Rudnick Minérios, Ipiranga Asfaltos (em especial Marcos Moreira e Humberto do Nascimento), Unicamp – Ceset de Limeira em SP (em especial aos professores Ednéia Parada e Adilson Rossini).

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABICHOU, Tarek; BENSON, Craik; EDIL, Tuncer. Beneficial Reuse of Foundry By-Products. American Foundrymen's Society, Inc. Research Report. University of Wisconsin-Madison, Madison, 1999, 50p.
- AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS. ASSTHO DESIGNATION: PP2-00: Standard Practice for Mixture Conditioning of Hot-Mix Asphalt (HMA). Washington, 2000.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE FUNDIÇÃO – ABIFA. Areias de Fundação de Ferro Descartadas: A Visão da ABIFA. Revista Fundação e Matérias-primas. Edição 78, p. 54 – 61, 2006.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. Resíduos Sólidos – Classificação – NBR 10.004/2004. Rio de Janeiro, 2004.
- _____. Lixiviação de Resíduos – Procedimento – NBR 10.005 / 2004. Rio de Janeiro, 2004.
- _____. Solubilização de Resíduos – Procedimento – NBR 10.006 / 2004. Rio de Janeiro, 2004.
- _____. Amostragem de Resíduos Sólidos. NBR 12007. Rio de Janeiro, 2004.
- _____. Água – Ensaio de Toxicidade Aguda com *Daphnia similis* Claus, 1876 (Cladocera, Crustácea). NBR 12.713. Rio de Janeiro, 1993.
- BINA, Paulo; ALVES, José H.; BONIN, André L.; YOSHIMURA, Humberto N. Metodologia de Análise e Aprovação de Utilização de Rejeitos Industriais na Construção Civil: Estudo de Caso de Uso de Areia de Fundação de Descarte para Pavimentação. Monobeton Soluções Tecnológicas Ltda – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A. – IPT. São Paulo, 2000.
- BONET, Ivan Ideraldo. Valorização do Resíduo Areia de Fundação (RAF). Incorporação nas Massas Asfálticas do Tipo CBUQ. Dissertação de Mestrado (Engenharia de Produção). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2002.
- BONIN, André Luis. Reutilização da Areia Preta de Fundação na Construção Civil. Congresso de Fundação. São Paulo, p-203-221. Setembro, 1995.
- COUTINHO, Benedito Neto. Avaliação do Reaproveitamento de Areia de Fundação como Agregado em Misturas Asfálticas. Tese de Doutorado (Engenharia de Transportes). Universidade de São Carlos. São Carlos, 2004.
- MARIOTTO, L. C. Regeneração de Areias de Fundação. São Paulo: IPT, 2001.
- MILLER, E.; BAHIA, H.; KHATRI, A.; WINTER, M. Utilization of Foundry Sand in Hot Mix Asphalt. University of Wisconsin at Madison, July 1998. Final Report submitted to University-Industry Relationships.
- PABLOS, Javier Mazariegos. Utilização do resíduo sólido gerado pelo descarte em matriz de cimento. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Paulo – USP, 1996.
- SILVA, Tatiane da. Comparativo Entre os Regulamentos Existentes para Reutilização de Resíduos de Fundação. Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2007.
- STEFENON, Fernando. Incorporação de Resíduos Industriais em Concreto Betuminoso Usinado à Quente. Universidade de Caxias do Sul. Mestrado Profissionalizante em Engenharia. Caxias do Sul, 2003.

REVISTA

ABRV

Associação Brasileira de Pavimentação

PAVIMENTAÇÃO

Ano III - Nº 12 - Dezembro de 2008 - www.abpv.org.br - ISSN 1809-1865



BELO HORIZONTE

Linha Verde e o novo corredor viário da capital mineira

Envelhecimento em concreto asfáltico com resíduo de areia verde de fundição

Raquel Luísa Ferreira Carnin
Carlos Jorge da Cunha