

NORMA
BRASILEIRA

ABNT NBR
15116

Primeira edição
31.08.2004

Válida a partir de
30.09.2004

**Agregados reciclados de resíduos sólidos da
construção civil – Utilização em
pavimentação e preparo de concreto sem
função estrutural – Requisitos**

*Recycled aggregate of solid residue of building constructions –
Requirements and methodologies*

Palavras-chave: Resíduo sólido. Agregado. Resíduo da construção civil.
Pavimentação. Concreto. Obra. Projeto.

*Descriptors: Residue from building construction. Paving. Concrete.
Solid residue. Building. Aggregate. Project.*

ICS 91.100.30; 93.080.20; 13.030.10



Número de referência
ABNT NBR 15116:2004
12 páginas

ABNT NBR 15116:2004



© ABNT 2004

Todos os direitos reservados. A menos que especificado de outro modo, nenhuma parte desta publicação pode ser reproduzida ou utilizada em qualquer forma ou por qualquer meio, eletrônico ou mecânico, incluindo fotocópia e microfilme, sem permissão por escrito pela ABNT.

Sede da ABNT
Av. Treze de Maio, 13 – 28º andar
20003-900 – Rio de Janeiro – RJ
Tel.: + 55 21 3974-2300
Fax: + 55 21 2220-1762
abnt@abnt.org.br
www.abnt.org.br

Impresso no Brasil

Sumário

Página

Prefácio.....	v
Introdução	v
1 Objetivo	1
2 Referências normativas	1
3 Definições	2
4 Classificação	3
4.1 Classe A	3
4.2 Classe B	3
4.3 Classe C	3
4.4 Classe D	3
5 Requisitos gerais	3
5.1 Agregado de resíduo de concreto (ARC):	3
5.2 Agregado de resíduo misto (ARM):	3
6 Requisitos para agregado reciclado destinado a pavimentação	4
6.1 Requisitos gerais	4
6.2 Requisitos específicos	4
7 Requisitos para agregado reciclado destinado ao preparo de concreto sem função estrutural	5
7.1 Requisitos gerais	5
7.2 Requisitos específicos	5
7.2.1 Requisitos de emprego	5
7.2.2 Composição granulométrica	5
7.2.3 Pré-molhagem	6
8 Controle da qualidade e caracterização do agregado reciclado	6
8.1 Formação de lotes de agregado reciclado	6
8.2 Coleta e preparação de amostras de agregados reciclados para ensaios de caracterização	6
8.3 Ensaio	6
8.4 Aceitação e rejeição	7
Anexo A (normativo) Determinação da composição dos agregados reciclados graúdos por análise visual	8
A.1 Objetivo	8
A.2 Definição	8
A.3 Equipamentos	8
A.4 Amostra	8
A.5 Procedimento	8
A.6 Resultados	9
A.6.1 ARC	9
A.6.2 ARM	9
A.6.3 Materiais não minerais	9
Anexo B (normativo) Determinação do percentual de materiais não-minerais dos agregados reciclados miúdos por líquidos densos	10
B.1 Objetivo	10
B.2 Definição	10
B.3 Equipamentos	10

ABNT NBR 15116:2004

B.4	Materiais	10
B.5	Amostra	11
B.6	Procedimento	11
B.7	Resultado.....	12



Prefácio

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) é o Fórum Nacional de Normalização. As Normas Brasileiras, cujo conteúdo é de responsabilidade dos Comitês Brasileiros (ABNT/CB), dos Organismos de Normalização Setorial (ABNT/ONS) e das Comissões de Estudo Especiais Temporárias (ABNT/CEET), são elaboradas por Comissões de Estudo (CE), formadas por representantes dos setores envolvidos, delas fazendo parte: produtores, consumidores e neutros (universidades, laboratórios e outros).

A ABNT NBR 15116 foi elaborada no Comitê Brasileiro de Cimento, Concreto e Agregados (ABNT/CB-18), pela Comissão de Agregado Reciclado de Resíduos Sólidos da Construção Civil (CE-18:200.05). O Projeto circulou em Consulta Pública conforme Edital nº 05, de 31.05.2004, com o número Projeto 18:200.05-001.

Esta Norma contém o anexo A e B, de caráter normativo.

Introdução

A necessidade da gestão e do manejo corretos dos resíduos da construção civil, de forma a tornar viáveis destinos mais nobres para os resíduos gerados nesta atividade, foi estabelecida pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente, por meio da Resolução CONAMA nº 307, de 5 de julho de 2002.

O atendimento aos limites a serem respeitados e o potencial de uso destes resíduos remetem a um conjunto de Normas Brasileiras que abrangem os resíduos sólidos da construção civil, resíduos volumosos e resíduos inertes, incluindo-se as diretrizes para projeto, implantação e operação de áreas de triagem, áreas de reciclagem e aterros, bem como o estabelecimento de requisitos para os agregados reciclados que podem ser gerados e sua aplicação em obras de engenharia.

Esta Norma trata especificamente da utilização dos agregados reciclados em camadas de pavimentação e em preparo de concretos sem função estrutural. A utilização no preparo de concretos com função estrutural depende ainda de estudos que viabilizem esta tecnologia e que serão tratados em normalização específica.



Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos

1 Objetivo

1.1 Esta Norma estabelece os requisitos para o emprego de agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil.

1.2 Os agregados reciclados de que trata esta Norma destinam-se:

- a) a obras de pavimentação viária: em camadas de reforço de subleito, sub-base e base de pavimentação ou revestimento primário de vias não pavimentadas;
- b) a preparo de concreto sem função estrutural.

2 Referências normativas

As normas relacionadas a seguir contêm disposições que, ao serem citadas neste texto, constituem prescrições para esta Norma. As edições indicadas estavam em vigor no momento desta publicação. Como toda norma está sujeita a revisão, recomenda-se àqueles que realizam acordos com base nesta que verifiquem a conveniência de se usarem as edições mais recentes das normas citadas a seguir. A ABNT possui a informação das normas em vigor em um dado momento.

Resolução CONAMA 307, de 05/07/2002 – Gestão dos resíduos da construção civil

ABNT NBR 7181:1984 – Solo – Análise granulométrica

ABNT NBR 7211:1983 – Agregado para concreto – Especificação

ABNT NBR 7218:1987 – Agregados – Determinação do teor de argila em torrões e materiais friáveis

ABNT NBR 7809:1983 – Agregado graúdo – Determinação do índice de forma pelo método do paquímetro

ABNT NBR 8953:1992 – Concreto para fins estruturais – Classificação por grupos de resistência

ABNT NBR 9895:1987 – Solo – Índice de suporte califórnia

ABNT NBR 9917:1987 – Agregados para concreto – Determinação de sais, cloretos e sulfatos solúveis

ABNT NBR 9936:1987 – Agregados – Determinação do teor de partículas leves

ABNT NBR 10004:1987¹⁾ – Resíduos sólidos – Classificação

¹⁾ A ser substituída em novembro de 2004, pela edição de 2004.

ABNT NBR 15116:2004

ABNT NBR 15114:2004 – Resíduos sólidos da construção civil - Áreas de reciclagem - Diretrizes para projeto, implantação e operação

ABNT NBR 15115:2004 – Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos

ABNT NBR NM 26:2001 – Agregados – Amostragem

ABNT NBR NM 27:2001 – Agregados – Redução da amostra de campo para ensaios de laboratório

ABNT NBR NM 30:2001 – Agregado miúdo – Determinação da absorção de água

ABNT NBR NM 46:2003 – Agregados – Determinação do material fino que passa através da peneira 75 µm, por lavagem

ABNT NBR NM 53:2003 – Agregado graúdo – Determinação de massa específica, massa específica aparente e absorção de água

ABNT NBR NM 248:2003 – Agregados – Determinação da composição granulométrica

ABNT NBR NM-ISO 3310-1:1997 – Peneiras de ensaio – Requisitos técnicos e verificação – Parte 1: Peneiras de ensaio com tela de tecido metálico

3 Definições

Para efeitos desta Norma, aplicam-se as seguintes definições:

3.1 resíduos da construção civil: Resíduos provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto, solo, rocha, madeira, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha.

3.2 agregado reciclado: Material granular proveniente do beneficiamento de resíduos de construção ou demolição de obras civis, que apresenta características técnicas para a aplicação em obras de edificação e infra-estrutura.

3.3 concreto de cimento Portland sem função estrutural, com agregado reciclado: Material destinado a usos como enchimentos, contrapiso, calçadas e fabricação de artefatos não estruturais, como blocos de vedação, meio-fio (guias), sarjeta, canaletas, mourões e placas de muro. Estas utilizações em geral implicam o uso de concretos de classes de resistência C10 e C15 da ABNT NBR 8953.

3.4 reciclagem: Processo de reaproveitamento de um resíduo, após ter sido submetido à transformação.

3.5 reutilização: Processo de reaplicação de um resíduo, sem transformação deste.

3.6 beneficiamento: Ato de submeter um resíduo a operações e/ou processos que tenham por objetivo dotá-lo de condições que permitam que seja utilizado como matéria-prima ou produto.

4 Classificação

Esta classificação atende à Resolução CONAMA 307.

4.1 Classe A

São os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como:

- resíduos de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem;
- resíduos de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento e outros), argamassa e concreto;
- resíduos de processo de preparo e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios e outros) produzidos nos canteiros de obras.

4.2 Classe B

São os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras e outros.

4.3 Classe C

São os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou sua recuperação, tais como os produtos oriundos do gesso.

4.4 Classe D

São os resíduos perigosos oriundos do processo de construção (tintas, solventes, óleos e outros) ou aqueles contaminados oriundos de demolições, reformas e reparos (clínicas radiológicas, instalações industriais e outros) enquadrados como classe I da ABNT NBR 10004.

5 Requisitos gerais

Os resíduos sólidos de construção civil classificados conforme 4.1 (classe A), oriundos de áreas de reciclagem de acordo com a ABNT NBR 15114, na forma de agregados destinados às aplicações estabelecidas em 1.2, devem ser classificados de acordo com 5.1 e 5.2.

5.1 Agregado de resíduo de concreto (ARC):

É o agregado reciclado obtido do beneficiamento de resíduo pertencente à classe A, composto na sua fração graúda, de no mínimo 90% em massa de fragmentos à base de cimento Portland e rochas. Sua composição deve ser determinada conforme o anexo A e atender aos requisitos das aplicações específicas.

5.2 Agregado de resíduo misto (ARM):

É o agregado reciclado obtido do beneficiamento de resíduo de classe A, composto na sua fração graúda com menos de 90% em massa de fragmentos à base de cimento Portland e rochas. Sua composição deve ser determinada conforme o anexo A e atender aos requisitos das aplicações específicas.

ABNT NBR 15116:2004**6 Requisitos para agregado reciclado destinado a pavimentação****6.1 Requisitos gerais**

O agregado reciclado pode ser utilizado em pavimentação, desde que proveniente de material classe A e atenda aos requisitos da tabela 1.

Tabela 1 — Requisitos gerais para agregado reciclado destinado a pavimentação

Propriedades	Agregado reciclado classe A		Normas de ensaios	
	Graúdo	Miúdo	Agregado graúdo	Agregado miúdo
Composição granulométrica	Não uniforme e bem graduado com coeficiente de uniformidade $C_u > 10$		ABNT NBR 7181	
Dimensão máxima característica	≤ 63 mm		ABNT NBR NM 248	
Índice de forma	≤ 3	-	ABNT NBR 7809	-
Teor de material passante na peneira de 0,42 mm	Entre 10% e 40%		ABNT NBR 7181	
Contaminantes - teores máximos em relação à massa do agregado reciclado (%)	Materiais não minerais de mesmas características ¹⁾	2	Anexo A	Anexo B
	Materiais não minerais de características distintas ¹⁾	3	Anexo A	Anexo B
	Sulfatos	2	ABNT NBR 9917	

¹⁾ Para os efeitos desta Norma, são exemplos de materiais não minerais: madeira, plástico, betume, materiais carbonizados, vidros e vidrados cerâmicos.

6.2 Requisitos específicos

O agregado reciclado deve ser classificado quanto ao tipo de emprego na execução de camadas de pavimentos, segundo parâmetros de capacidade de suporte e expansibilidade, conforme tabela 2, medidos pela metodologia de ensaios prevista na ABNT NBR 9895.

Tabela 2 — Requisitos específicos para agregado reciclado destinado a pavimentação

Aplicação	ISC (CBR) %	Expansibilidade %	Energia de compactação
Material para execução de reforço de subleito	≥ 12	$\leq 1,0$	Normal
Material para execução de revestimento primário e sub-base	≥ 20	$\leq 1,0$	Intermediária
Material para execução de base de pavimento ¹⁾	≥ 60	$\leq 0,5$	Intermediária ou modificada

¹⁾ Permitido o uso como material de base somente para vias de tráfego com $N \leq 10^6$ repetições do eixo padrão de 8,2 tf (80 kN) no período de projeto.

Os materiais que não atenderem aos requisitos da tabela 2 podem ser estabilizados granulometricamente ou pela adição de cimento Portland ou cal hidratada, conforme ABNT NBR 15115.

7 Requisitos para agregado reciclado destinado ao preparo de concreto sem função estrutural

7.1 Requisitos gerais

O agregado reciclado pode ser utilizado em concreto sem função estrutural, desde que proveniente de material classe A.

O uso de agregado reciclado em concreto apenas pode ser realizado se não contrariar exigências contidas nas normas pertinentes à aplicação específica em cada caso.

7.2 Requisitos específicos

7.2.1 Requisitos de emprego

Em concreto sem função estrutural, admite-se o emprego de agregado reciclado classe A, substituindo parcial ou totalmente os agregados convencionais.

O resíduo de classe A a ser beneficiado para a obtenção de agregados tipo ARC e/ou tipo ARM deve obedecer aos requisitos da tabela 3.

Tabela 3 — Requisitos para agregado reciclado destinado ao preparo de concreto sem função estrutural

Propriedades	Agregado reciclado classe A				Normas de ensaios	
	ARC		ARM			
	Graúdo	Miúdo	Graúdo	Miúdo	Agregado graúdo	Agregado miúdo
Teor de fragmentos à base de cimento e rochas (%)	≥90	-	<90	-	Anexo A	-
Absorção de água (%)	≤ 7	≤ 12	≤ 12	≤ 17	ABNT NBR NM 53	ABNT NBR NM 30
Contaminantes - teores máximos em relação à massa do agregado reciclado (%)	Cloretos	1		ABNT NBR 9917		
	Sulfatos	1		ABNT NBR 9917		
	Materiais não minerais ¹⁾	2		Anexo A	Anexo B	
	Torrões de argila	2		ABNT NBR 7218		
	Teor total máximo de contaminantes	3		-		
Teor de material passante na malha 75 µm (%)	≤10	≤ 15%	≤ 10%	≤ 20%	ABNT NBR NM 46	

¹⁾ Para os efeitos desta Norma, são exemplos de materiais não minerais: madeira, plástico, betume, materiais carbonizados, vidros e vidrados cerâmicos.

7.2.2 Composição granulométrica

A composição granulométrica do agregado final a ser utilizado no concreto sem função estrutural deve estar de acordo com a ABNT NBR 7211. A composição granulométrica do agregado reciclado pode ser corrigida pela adição de agregados convencionais.

ABNT NBR 15116:2004

7.2.3 Pré-molhagem

Para o preparo de concreto sem função estrutural com agregado reciclado que atenda à tabela 3, é necessária a pré-molhagem dos agregados miúdo e graúdo. A prática tem mostrado que valores em torno de 80% do teor de absorção de água do agregado reciclado em uso são adequados.

8 Controle da qualidade e caracterização do agregado reciclado

8.1 Formação de lotes de agregado reciclado

Os lotes de agregados reciclados devem ser formados segundo a tipificação do resíduo classe A, ou seja, ARM ou ARC. O lote deve ser formado para cada graduação granulométrica (bica corrida, brita zero, brita um, areia etc.) e compreender a produção dentro do período de um mês, considerando-se o volume máximo de 1 500 m³ para cada lote, ou o que primeiro ocorrer.

8.2 Coleta e preparação de amostras de agregados reciclados para ensaios de caracterização

a) **amostras parciais:** coletadas aleatoriamente ao menos duas vezes por dia e por tipo de resíduo sólido (ARM ou ARC). Cada amostra parcial deve conter cerca de 10 kg e deve ser coletada do material processado, de acordo com a ABNT NBR NM 26;

A coleta de material para ensaios deve ser efetuada na pilha de agregados reciclados, em vários pontos distintos, devendo-se evitar que esta seja efetuada na base e na superfície da pilha.

O material coletado deve ser convenientemente acondicionado em invólucro ou recipiente que evite sua contaminação;

b) **amostra de campo:** é formada reunindo-se várias amostras parciais em número suficiente para os ensaios de laboratório. Cada lote de agregado reciclado deve ter uma amostra de campo formada por no mínimo 10 amostras parciais;

c) **amostra de ensaio:** porção obtida por redução da amostra de campo, conforme a ABNT NBR NM 27, utilizada em ensaios de laboratório. A amostra de ensaio deve ser de no mínimo 60 kg.

8.3 Ensaios

Devem ser realizados os ensaios de caracterização do agregado reciclado, de acordo com o que estabelece a tabela 4.

Tabela 4 — Determinação do tipo e frequência de execução de ensaios

Propriedades		Método de ensaio	Frequência de ensaios	
			Concreto sem função estrutural	Camada de pavimento
Composição granulométrica		ABNT NBR 7181	Não se aplica	A cada lote
		ABNT NBR NM 248	A cada lote	Não se aplica
Teor de material passante na peneira 75 µm		ABNT NBR NM 46	A cada lote	Não se aplica
Absorção de água	Agregado graúdo	ABNT NBR NM 53	A cada lote	Não se aplica
	Agregado miúdo	ABNT NBR NM 30		
Torrões de argila e materiais friáveis		ABNT NBR 7218	A cada lote	Não se aplica
Índice de forma (agregado graúdo)		ABNT NBR 7809	Não se aplica	A cada lote
Índice de suporte Califórnia e expansibilidade		ABNT NBR 9895	Não se aplica	A cada lote
Composição do agregado graúdo		Anexo A	A cada lote	
Percentual de materiais não minerais no agregado miúdo		Anexo B	A cada lote	
Teor de cloretos		ABNT NBR 9917	Uma vez por mês ou 6 000 m ^{3 1)}	Não se aplica
Teor de sulfatos		ABNT NBR 9917	Uma vez por mês ou 6 000 m ^{3 1)}	
1) O que primeiro ocorrer.				

Outros ensaios devem ser executados quando estabelecidos em normas específicas a cada aplicação.

8.4 Aceitação e rejeição

Um lote de agregado reciclado somente deve ser aceito quando cumprir todas as prescrições desta Norma.

Anexo A (normativo)

Determinação da composição dos agregados reciclados graúdos por análise visual

A.1 Objetivo

Este método estabelece os procedimentos para a determinação da composição dos agregados reciclados graúdos de resíduos classe A da construção civil, destinados ao preparo de concretos sem função estrutural e em pavimentação.

A.2 Definição

Para os efeitos deste método, aplica-se a seguinte definição:

A.2.1 composição: Relação, expressa percentualmente, entre as massas das espécies minerais e materiais não minerais identificadas pelo critério visual e a massa total de fragmentos.

A.3 Equipamentos

- a) balança com capacidade mínima de 10 kg com resolução de 0,1 g;
- b) estufa com temperatura ajustável a $(105 \pm 5)^\circ\text{C}$;
- c) peneira metálica com abertura de malha 4,8 mm, conforme ABNT NBR NM-ISO 3310-1;
- d) bandeja metálica para secagem do material.

A.4 Amostra

Da amostra de ensaio obtida conforme 8.2 devem ser separados aproximadamente 4 kg, conforme ABNT NBR NM 27.

A.5 Procedimento

- a) lavar a amostra em água corrente utilizando-se uma peneira de malha 4,8 mm;
- b) secar a amostra lavada em estufa a $(105 \pm 5)^\circ\text{C}$ até constância de massa;
- c) deixar a amostra resfriar até atingir a temperatura ambiente, em um período máximo de 6 h, e determinar a massa total (M_T), com aproximação de 0,1 g;
- d) separar cada fragmento presente na amostra, segundo os critérios:
 - grupo 1 = fragmentos que apresentam pasta de cimento endurecida em mais de 50% do volume;

- grupo 2 = fragmentos constituídos por rocha em mais de 50% do volume;
 - grupo 3 = fragmentos de cerâmica branca ou vermelha, com superfície não polida, em mais de 50% do volume;
 - grupo 4 = fragmentos de materiais não minerais de natureza orgânica como madeira, plástico, betume e materiais carbonizados, e de contaminantes como vidros, vidrados cerâmicos e gesso;
- e) determinar as massas de cada grupo, com aproximação de 0,1 g;
- f) determinar as porcentagens de cada grupo (G_1 , G_2 , G_3 , G_4), dividindo os valores de cada massa encontrada em relação à massa total (M_T). A soma das porcentagens de massa de G_1 , G_2 , G_3 e G_4 deve totalizar 100%.

A.6 Resultados

A.6.1 ARC

Considera-se agregado tipo ARC aquele que apresenta a soma dos percentuais dos grupos 1 e 2 ($G_1 + G_2$) maior ou igual a 90%.

A.6.2 ARM

Considera-se agregado tipo ARM, aquele que apresenta a soma dos percentuais dos grupos 1 e 2 ($G_1 + G_2$) menor que 90%.

A.6.3 Materiais não minerais

A porcentagem obtida para o grupo 4 corresponde aos teores de materiais não minerais.

Anexo B (normativo)

Determinação do percentual de materiais não-minerais dos agregados reciclados miúdos por líquidos densos

B.1 Objetivo

Este método estabelece o procedimento para a determinação do percentual de fragmentos não-minerais presentes nos agregados reciclados miúdos pelo emprego de líquido densos.

B.2 Definição

Para os efeitos deste método, aplica-se a seguinte definição:

B.2.1 percentual de fragmentos não-minerais: Relação entre a massa dos fragmentos não-minerais identificados pela separação por líquidos densos e a massa total dos fragmentos.

B.3 Equipamentos

- a) balança com capacidade mínima de 10 kg, com resolução de 0,1 g;
- b) densímetro com resolução de 0,01 g/cm³;
- c) estufa com temperatura ajustável a $(105 \pm 5)^{\circ}\text{C}$;
- d) bandeja metálica para secagem do material;
- e) béqueres com capacidade de 500 mL;
- f) escumadeira com tela de peneira com abertura de malha 0,300 mm;
- g) peneira com abertura de malha 0,300 mm, conforme ABNT NBR NM-ISO 3310-1;
- h) haste para agitação;
- i) kitassato;
- j) papel-filtro;
- k) bomba de vácuo;
- l) lupa.

B.4 Materiais

Cloreto de zinco ou outro líquido denso, conforme especificado na ABNT NBR 9936.

B.5 Amostra

Da amostra de ensaio obtida conforme 8.2 devem ser separados aproximadamente 200 g, conforme ABNT NBR NM 27.

B.6 Procedimento

- a) secar a amostra até constância de massa, à temperatura de $(105 \pm 5)^\circ\text{C}$;
- b) deixar a amostra resfriar até atingir a temperatura ambiente, em um período máximo de 6 h;
- c) peneirar a amostra na peneira com abertura de malha 0,300 mm, até que, em 1 min de peneiramento contínuo, não passe mais que 1% da massa retida;
- d) determinar a massa seca do material retido (M_1), com aproximação de 0,1 g;
- e) preparar em béquer solução aquosa de cloreto de zinco, com a massa específica, verificada por meio do densímetro, mantida no valor de $(1,90 \pm 0,01) \text{ g/cm}^3$;
- f) introduzir cuidadosamente a amostra no béquer com a solução aquosa de líquido denso;
- g) agitar o líquido com auxílio da haste e deixar repousar por 5 min;
- h) retirar as partículas flutuantes com auxílio da escumadeira;
- i) verter o líquido do primeiro béquer sobre o segundo, passando-o através da escumadeira. Tomar cuidado para que apenas as partículas flutuantes sejam vertidas com o líquido;
- j) retornar ao primeiro béquer o líquido que foi coletado no segundo e, após nova agitação, repetir o processo de decantação descrito anteriormente, até que a amostra esteja livre de partículas flutuantes;
- k) lavar com água (no caso de uso de cloreto de zinco) o material retirado com a escumadeira para remover o líquido denso;
- l) secar o material retirado com escumadeira após a lavagem em estufa a $(105 \pm 5)^\circ\text{C}$ até constância de massa;
- m) determinar a massa M_2 do material seco retirado com a escumadeira com aproximação de 0,1 g.
- n) verificar, com auxílio da lupa, se o material seco retirado com a escumadeira é não-mineral. Caso contrário, repetir o ensaio utilizando solução aquosa com líquido denso de massa específica $0,2 \text{ g/cm}^3$ menor que o ensaio inicial.

NOTA Para reaproveitar o cloreto de zinco, filtrar o material do primeiro béquer contendo material sedimentado, no conjunto papel-filtro acoplado ao kitassato e bomba de vácuo.

ABNT NBR 15116:2004

B.7 Resultado

Calcular o percentual de materiais não-minerais a partir da equação:

$$P_{nm} = \frac{M_2}{M_1} \times 100$$

Onde:

P_{nm} é o percentual de materiais não-minerais, em porcentagem;

M_1 é a massa seca total da amostra retida na peneira 0,300 mm, em gramas;

M_2 é a massa seca de materiais não-minerais, em gramas.

