



SINALIZAÇÃO VIÁRIA HORIZONTAL: COLORAÇÃO DE MICROESFERAS VÍTREAS EM MEDIDAS DE RETORREFLETIVIDADE

José V. M. Machado¹, André L. Tomás¹, Alifer A. V. Beier², Deividi S. Pereira², Luis E. G. Armas¹, Chiara Valsecchi¹ e Jacson W. Menezes^{1*}

1 – Programa de Pós-Graduação em Engenharia, Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), Alegrete, RS.

2 – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, universidade Federal de Santa maria (UFSM), Santa Maria, RS
jacsonmenezes@unipampa.edu.br

RESUMO

Este trabalho visa produzir microesferas do Tipo IB, aplicadas a sinalização viária, e analisar o efeito da coloração destas no que diz respeito a retrorrefletividade. Para a produção das microesferas foi utilizado um aparato que utiliza o método de chama horizontal, considerando uma composição de gases GLP e oxigênio. Para estudar o efeito da coloração, foram produzidas microesferas de vidros de garrafa reciclados nas seguintes cores: incolor, azul, verde e marrom. As microesferas foram produzidas e otimizadas de forma independente para cada cor sendo posteriormente realizadas medidas de microscopia óptica para análise morfológica bem como medidas de retrorrefletividade para avaliar o efeito da cor. A densidade de microesferas utilizada neste estudo foi de 100 g/m² para cada coloração. Os resultados das medidas de retrorrefletividade mostraram que as microesferas de diferentes cores podem ser utilizadas da mesma forma que as incolores na sinalização viária horizontal.

Palavras-chave: *sinalização viária, microesferas, retrorrefletividade, vidros.*

INTRODUÇÃO

A sinalização viária é um instrumento essencial das rodovias, pois permite a visualização da via mesmo em condições adversas de tempo e iluminação. Para melhor visualização das sinalizações, estas devem ser retrorreflexivas^(1,2). Em sinalização viária horizontal, a retrorrefletividade ocorre quando microesferas de vidro são aspergidas ou misturadas junto com a tinta^(3,4). Dentre os diversos tipos de microesferas, as do tipo IB, também chamadas de PREMIX, de acordo com a norma NBR 16184:2021, possuem um diâmetro com maior percentual entre 63 e 212 µm⁽⁴⁾. Essas microesferas normalmente são misturadas a tinta antes da aplicação do material na via, permanecendo internas à película aplicada até que ocorra o seu desgaste. Também, conforme esta mesma norma, as microesferas devem ser limpas, claras e incolores para utilização em sinalização viária. Neste sentido, este trabalho visa produzir as microesferas do tipo IB através do método de chama horizontal e analisar o efeito da coloração das microesferas no que diz respeito a retrorrefletividade.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para estudar o efeito da coloração, foram produzidos microesferas a partir de vidros de garrafa reciclados nas seguintes cores: verde, azul, incolor e marrom. Estes vidros reciclados foram moídos (gerando cacos) e peneirados utilizando peneiras granulométricas para as dimensões correspondentes à norma⁽⁴⁾, classificadas como Tipo IB. Na figura 1 são mostrados os vidros com as diferentes colorações, após a limpeza, bem como o pó dos vidros após a etapa de moagem, realizada por pistilo e almofariz.



Figura 1: (a) Garrafas utilizadas para avaliar o efeito da coloração das microesferas na retrorefletividade; pó das garrafas após a etapa de moagem para as cores (b) verde, (c) azul, (d) incolor e (e) marrom.

Para a produção das microesferas foi utilizado o método de chama horizontal⁽⁵⁾ considerando uma composição de gases GLP e oxigênio, com pressões de 1 kgf/cm² e 2 kgf/cm², respectivamente. Para analisar somente o efeito da cor nas medidas de retrorefletividade, as microesferas não foram misturadas na tinta, mas sim colocadas de maneira uniforme num dispositivo desenvolvido com as mesmas dimensões da região de medida do retrorefletômetro. A figura 2(a) mostra o aparato utilizado para a geração das microesferas bem como o dispositivo utilizado para a realização das medidas de retrorefletividade (figura 2(b)). As medidas foram realizadas utilizando o Retrorefletômetro horizontal clássico *easylux*, também mostrado na figura 2(b). Um pouco mais em detalhes, de acordo com a figura 2(a), o pó de vidro é colocado em contato com a chama, através de um funil; a temperatura e a pressão gerada pela chama geram as microesferas, que são coletadas na outra extremidade do aparato. Já na figura 2(b), a região branca do dispositivo é dimensionada adequadamente para coletar as medidas de retrorefletividade do retrorefletômetro. Foram realizadas oito medidas para cada amostra para as geometrias de 15 e 30 m⁽³⁾ e foi considerado o valor médio destas medidas com o respectivo desvio padrão. A densidade de microesferas utilizada neste estudo foi de 100 g/m² para cada coloração.

Após a etapa de produção das microesferas, geradas de forma independente para cada cor, a morfologia destas foi avaliada através de microscopia óptica considerando uma quantidade em torno de 1000 elementos para cada cor. Com isso, foi possível determinar o rendimento - razão entre o número de microesferas esféricas e o número total de elementos contados - considerando a quantidade de elementos esféricos (microesferas), cacos e elementos ovoides e geminadas, produzidas através do método de chama horizontal.

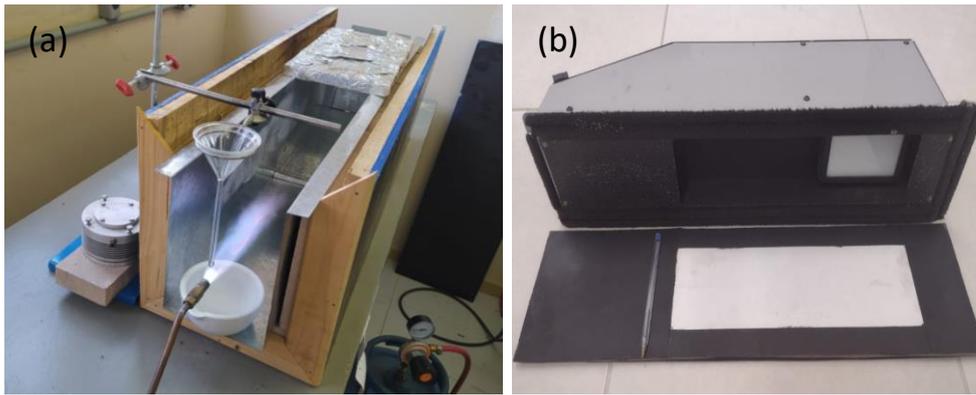


Figura 2: (a) Aparato construído para a geração das microsferas utilizando o método de chama horizontal; (b) dispositivo utilizado para a realização das medidas de retrorrefletividade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na figura 3 é mostrada uma imagem onde pode-se observar os diferentes tipos de elementos gerados após a passagem do pó pela chama. Na tabela 1 são apresentados os resultados com relação à porcentagem dos elementos gerados, considerando uma contagem em torno de 1000 elementos por coloração.

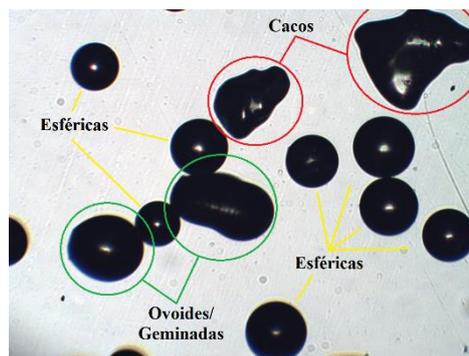


Figura 3: Elementos gerados após a passagem do pó na chama.

Tabela 1 – Resultados percentuais de elementos esféricos, ovoides/geminadas e cacos.

Elementos	Esféricos		Ovoides/geminadas		Cacos		Total	
	Qtd.	%	Qtd.	%	Qtd.	%	Qtd.	%
Incolor	922	85,45%	137	12,70%	20	1,85%	1079	100%
Marrom	844	82,66%	156	15,28%	21	2,06%	1021	100%
Azul	910	88,69%	101	9,84%	15	1,46%	1026	100%
Verde	823	79,29%	194	18,60%	21	2,02%	1038	100%
NBR 16184:2021	-	77%	-	20%	-	3%	-	100%

Como pode ser observado na tabela 1, o processo de chama horizontal foi eficiente uma vez que, para todas as cores, o percentual de geração de microsferas foi acima de 79%, ou seja, maior que o limite mínimo descrito na norma. Além disso, todos os outros requisitos, do ponto de vista morfológico, também satisfizeram a norma, o que permitiu a avaliação e comparação da retrorrefletividade para as diferentes cores.

Na Tabela 2 é mostrada os valores de diâmetros médios bem como o desvio padrão para as microesferas produzidas. Nota-se que os valores médios das microesferas produzidas se assemelham entre si e satisfazem às dimensões das microesferas do Tipo IB determinadas na Norma NBR 16184:202.

Tabela 2– Valores médio e desvio padrão das microesferas.

Microesfera	Diâmetro (μm)	
	Médio	Desvio Padrão
Incolor	105,4	21,9
Marrom	101,7	23,1
Azul	112,3	25,0
Verde	109,0	22,9

Nas figuras 4(a) e 4(b) estão mostrados os resultados das medidas de retrorrefletividade, dado em $\text{mcd}/\text{m}^2/\text{lx}$, das microesferas nas diferentes cores, para as geometrias de 15 e 30 m.

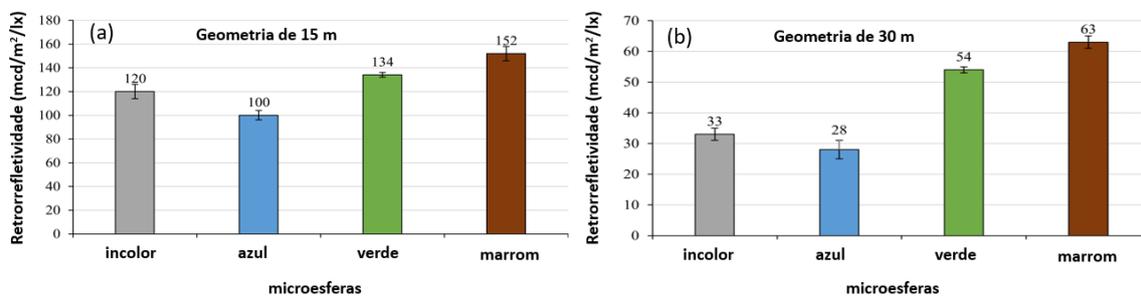


Figura 4: Retrorefletividade para as diferentes colorações de microesferas considerando: (a) Geometria de 15m e (b) geometria de 30 m.

De forma geral, observa-se um comportamento semelhante da retrorrefletividade para ambas as geometrias, de 15 e 30m. Além disso, conforme pode ser observado, a coloração das microesferas não afeta negativamente a retrorreflexão. Pelo contrário, os resultados mostram que as microesferas de coloração marrom, por exemplo, possuem uma retrorrefletividade em torno de 25% melhor do que as microesferas incolores, as quais são requisitadas pela norma. Estes percentuais foram baseados nos valores médios para cada cor. Desse modo, diferentemente do que é especificado na norma - no que tange a coloração das microesferas-, os resultados mostrados revelam que a coloração não é um fator impeditivo no que se refere a retrorreflexão.

CONCLUSÕES

Microesferas retrorrefletoras de diferentes cores foram produzidas com sucesso utilizando o método de chama horizontal. As microesferas geradas tiveram um diâmetro médio em torno de $110 \mu\text{m}$, sendo classificada como microesferas do Tipo IB, conforme a norma. Os resultados mostraram que as microesferas produzidas também satisfazem a norma em termos de quantidade mínima percentual de microesferas bem como quantidades máximas percentuais de cacos e elementos ovoides. No que se refere às medidas de retrorrefletividade, os resultados mostraram que a coloração das microesferas não é um fator impeditivo, diferentemente do que é requisitado pela norma NBR 16184:2021, sendo possível a sua utilização na sinalização viária horizontal.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e à Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA) pelo apoio e suporte financeiro.

REFERÊNCIAS

1. DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTE. Manual de sinalização rodoviária: 3ª Edição. Rio de Janeiro/RJ: Instituto de Pesquisas Rodoviárias. 2010.
2. DNER - DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. Microesferas de vidro retrorrefletivas para sinalização horizontal rodoviária: Especificação do material. Rio de Janeiro: DNER/IPR. 2000. 5 p.p. 94-102.
3. SALLES, L. S.; PEREIRA, D. S.; Krachefski, D.L.T; Specht, L. P. Avaliação retrorrefletiva de pintura de demarcação horizontal: peculiaridades e considerações sobre a norma e os requisitos mínimos nacionais. Transportes, v. 23, n. 2, p. 5-17, 2015.
4. ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16184: Sinalização horizontal viária — Esferas e microesferas de vidro: Requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro/RJ: ABNT. 2021. 32 p.
5. BARROS FILHO, E. C.; SENE, F. F.; MARTINELLI, J. R. Study of the spheronization process of glass particles for internal selective radiotherapy application. Materials Science Forum, Florianópolis. Trans Tech Publications Ltd, p. 1205-1210, 2012.

HORIZONTAL ROAD SIGNAL: COLORING OF VITREOUS MICROSPHERES IN RETROREFLECTIVITY MEASUREMENTS

ABSTRACT

This work aims to produce type IB microspheres, applied to road signs, and to analyze the effect of their coloring in respect to retroreflectivity. For the microspheres production, the horizontal flame method was used. To study the effect of coloring, microspheres from recycled bottle glass were produced considering the following colors: colorless, blue, green and brown. The microspheres were produced and optimized independently for each color. Measurements with optical microscopy for morphological analysis were performed, as well as retroreflectivity measurements to evaluate the effect of coloring. The microsphere density used in this study was 100 g/m². The results of retroreflectivity measurements showed that microspheres of different colors can be considered equivalent to the colorless ones in the horizontal road signs.

Keywords: *road signs, microspheres, retroreflectivity, glass*