

INTERLABORATORIAL EM ENSAIOS DE CARVÃO E COQUE¹

Márcia Gonçalves de Oliveira²
Carlos Henrique Azevedo Duarte³
Ulisses Tetti⁴

Resumo

O objetivo deste Trabalho é estimar a precisão da repetibilidade e reprodutibilidade em ensaios de cinzas, matéria volátil, enxofre, e reflectância em carvões e de cinzas, matéria volátil, enxofre e reatividade em coque, fornecendo dados para comparação de resultados entre os laboratórios participantes, independentemente das metodologias adotadas. Quatro amostras em duplicata de cada material em oito laboratórios distintos foram avaliadas, conforme *ASTM E 691-99 Standard Practice for Conducting an Interlaboratory Study to Determine the Precision of a Test Method*. Os resultados mostram o comportamento da variabilidade intra e interlaboratorial.

Palavras-chave: Interlaboratorial; Repetibilidade; Reprodutibilidade; Carvão; Coque.

COAL AND COKE INTERLABORATORY ANALYSIS

Abstract

The objective of this work is to estimate the repeatability and reproducibility precision of testing ash, volatile matter, sulfur and reflectance of coals, and ash, volatile matter, sulfur and reactivity of coke, supplying data for comparing the results between the participants laboratories, without considering the method applied. Four double samples each material in eight different laboratories was tested, according to ASTM method E 691-99 Standard Practice for Conducting an Interlaboratory Study to Determine the Precision of a Test Method. The results show the behavior of the variability intra and interlaboratory.

Key words: Interlaboratory; Repeatability; Reproducibility; Coal; Coke.

¹ Contribuição técnica ao XXXVII Seminário de Redução de Minério de Ferro e Matérias-primas, 18 a 21 de setembro de 2007, Salvador - BA, Brasil.

² Membro da ABM; Química; Superintendência de Redução da Cosipa;

³ Membro da American Society for Quality- ASQ; Engenheiro Metalúrgico, Superintendência de Redução da Cosipa

⁴ Membro da ABM; Membro da American Society for Quality – ASQ; Engenheiro Metalúrgico, MSc, Superintendência de Redução da Cosipa.

1 INTRODUÇÃO

A confiabilidade metrológica requer procedimentos, rotinas e métodos apropriados. O processo que envolve um programa de confiabilidade metrológica deve ser contínuo, sem interrupção, requerendo tanto um planejamento prévio quanto uma avaliação constante dos resultados obtidos.

Em laboratórios de análises químicas, a confiabilidade metrológica é a garantia da qualidade, visando credibilidade técnica das medidas obtidas.

Um programa interlaboratorial é uma das ferramentas usadas para compatibilização de resultados, avaliação de exatidão e tendências.

O objetivo deste Trabalho é estimar a precisão da repetibilidade e reprodutibilidade em ensaios de cinzas, matéria volátil, enxofre, e reflectância em carvões e de cinzas, matéria volátil, enxofre e reatividade em coque, independente da metodologia usada em cada laboratório.

2 DEFINIÇÕES

Interlaboratorial

Entende-se por interlaboratorial como uma série de medições de uma propriedade, realizada independentemente, por um grupo de laboratórios, em amostras de um material com a finalidade de uma auto aferição dos laboratórios participantes e determinação da precisão do método.

Repetibilidade (r)

Valor máximo da diferença absoluta entre dois resultados de testes, obtidos com o mesmo método, em materiais idênticos no mesmo laboratório.

Reprodutibilidade (R)

Valor máximo da diferença absoluta entre dois resultados obtidos com o mesmo método, em materiais idênticos em diferentes laboratórios com diferentes operadores e equipamentos.

Estatística h

Parâmetro estatístico para avaliação da consistência interlaboratorial.

Estatística k

Parâmetro estatístico para avaliação da consistência intralaboratorial.

3 METODOLOGIA

O interlaboratorial foi realizado em quatro amostras de cada material, testadas em duplicatas para os ensaios de cinzas, matéria volátil, enxofre, e reflectância em carvões e de cinzas, matéria volátil, enxofre e reatividade em coque metalúrgico.

Participaram deste estudo, cinco laboratórios brasileiros, Cosipa, CSN, CST, GERDAU AÇOMINAS e USIMINAS, um laboratório da Argentina, Siderar e dois laboratórios da Espanha, Incar e Arcelor.

Os procedimentos para o plano de amostragem e preparação das amostras foram baseados nas normas ASTM D 346/04, ASTM D 2234 e ASTM D 2013.

Os dados foram tratados conforme o procedimento *ASTM E 691-99*. Para efeito dos cálculos estatísticos, foram excluídos os resultados que não foram obtidos em duplicata.

4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Para efeito da avaliação da consistência, repetibilidade e reprodutibilidade será demonstrado apenas os resultados de **CRI** em coque e **Enxofre** em carvão.

4.1 Teste de Consistência para a Reatividade em Coque - CRI

Os resultados obtidos pelos laboratórios são apresentados na tabela 8. Com base nestes resultados foram calculados os valores médios, desvios padrões, consistências *h* e *k*, repetibilidade (*r*) e reprodutibilidade (*R*), apresentados na Tabela 1 e Figuras 1 e 2. Observa-se que para a estatística *k* o laboratório “D” encontra-se acima do valor crítico no material CQ3. Esta condição verificada indica a ocorrência de prováveis erros aleatórios. Visto que não foi encontrada nenhuma causa especial o resultado foi mantido.

Tabela 1 - Estatísticas para o CRI

| CRI | | | | | | | | | | | | | |
|-------|-------|--------|---------|---------|--------|--------------------|-------|-------|--------|---------|---------|--------|--------------------|
| CQ 1 | | | | | | | CQ 3 | | | | | | |
| LAB. | média | s | d | h | k | parâmetros | LAB. | média | s | d | h | k | parâmetros |
| Lab A | 22,70 | 0,2828 | 0,7007 | 0,5099 | 0,4687 | | Lab A | 19,30 | 0,2828 | -1,5614 | -1,1774 | 0,3244 | |
| Lab B | 21,65 | 0,3536 | -0,3493 | -0,2542 | 0,5859 | média geral 22,00 | Lab B | 20,65 | 0,2121 | -0,2114 | -0,1594 | 0,2433 | média geral 20,86 |
| Lab C | 20,68 | 1,3647 | -1,3243 | -0,9637 | 2,2615 | desvio geral 1,37 | Lab C | 19,83 | 0,6435 | -1,0364 | -0,7815 | 0,7379 | desvio geral 1,33 |
| Lab D | 23,87 | 0,6859 | 1,8657 | 1,3577 | 1,1366 | Sr repetibili 0,60 | Lab D | 22,76 | 2,2698 | 1,8936 | 1,4279 | 2,6030 | Sr repetibili 0,87 |
| Lab E | 22,40 | 0,1980 | 0,4007 | 0,2916 | 0,3281 | SR reproduti 1,44 | Lab E | 20,61 | 0,4313 | -0,2564 | -0,1934 | 0,4946 | SR reproduti 1,46 |
| Lab F | 19,86 | 0,4596 | -2,1443 | -1,5604 | 0,7616 | r 1,69 | Lab F | 20,30 | 0,4313 | -0,5664 | -0,4271 | 0,4946 | r 2,44 |
| Lab G | 22,85 | 0,3536 | 0,8507 | 1,1137 | 0,5859 | R 4,03 | Lab G | 22,60 | 0,1414 | 1,7386 | 1,3110 | 0,1622 | R 4,09 |
| CQ 2 | | | | | | | CQ 4 | | | | | | |
| LAB. | média | s | d | h | k | parâmetros | LAB. | média | s | d | h | k | parâmetros |
| Lab A | 22,65 | 0,4950 | 0,7593 | 0,6590 | 1,1296 | | Lab A | 16,67 | 0,2404 | -0,5829 | -0,7631 | 0,4867 | |
| Lab B | 21,20 | 0,2828 | -0,6907 | -0,5994 | 0,6455 | média geral 21,89 | Lab B | 17,65 | 0,9192 | 0,3971 | 0,5199 | 1,8608 | média geral 17,25 |
| Lab C | 22,27 | 0,1273 | 0,3793 | 0,3292 | 0,2905 | desvio geral 1,15 | Lab C | 16,50 | 0,2546 | -0,7529 | -0,9856 | 0,5153 | desvio geral 0,76 |
| Lab D | 21,51 | 0,6435 | -0,3857 | -0,3347 | 1,4685 | Sr repetibili 0,44 | Lab D | 18,09 | 0,4879 | 0,8321 | 1,0894 | 0,9877 | Sr repetibili 0,49 |
| Lab E | 22,79 | 0,4738 | 0,8943 | 0,7761 | 1,0812 | SR reproduti 1,19 | Lab E | 16,92 | 0,6859 | -0,3379 | -0,4423 | 1,3884 | SR reproduti 0,84 |
| Lab F | 19,78 | 0,7425 | -2,1157 | -1,8361 | 1,6945 | r 1,23 | Lab F | 16,60 | 0,4808 | -0,6529 | -0,8547 | 0,9733 | r 1,38 |
| Lab G | 23,05 | 0,0707 | 1,1593 | 1,0061 | 0,1614 | R 3,34 | Lab G | 18,35 | 0,2121 | 1,0971 | 1,4363 | 0,4294 | R 2,35 |

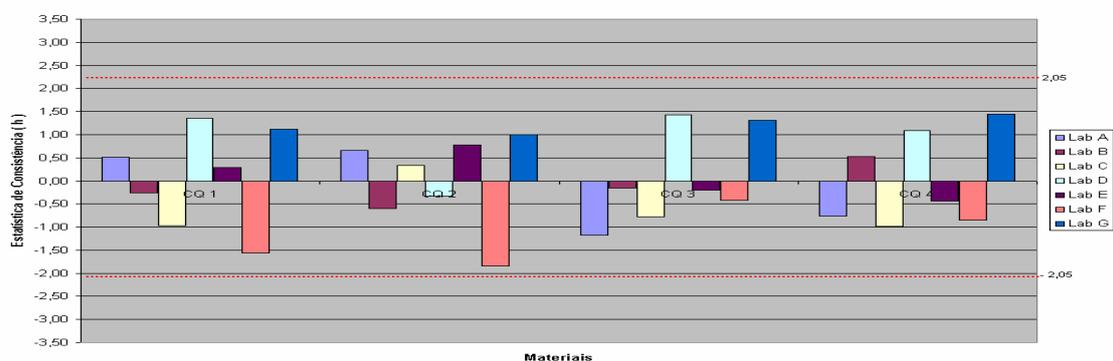


Figura 1 – Estatística de consistência (h) para o CRI

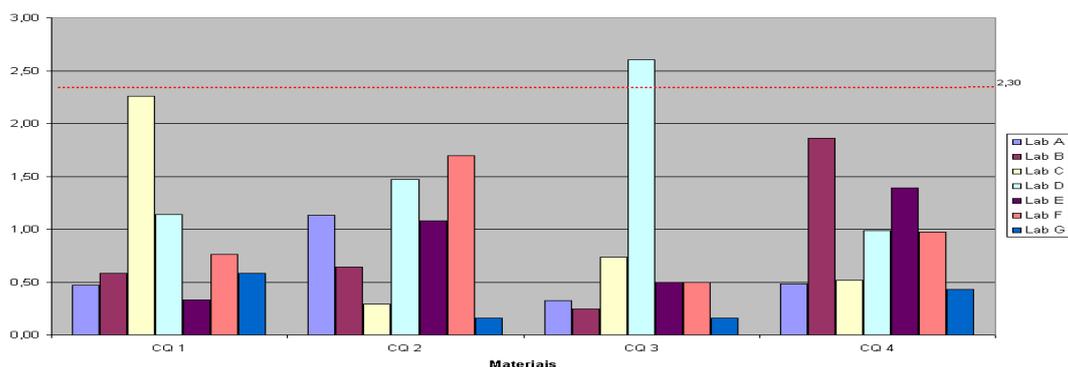


Figura 2 – Estatística de consistência (k) para o CRI

4.2 Avaliação da Repetibilidade e Reprodutibilidade para CRI em Coque

A Figura 3 retrata o comportamento da variabilidade (desvio padrão) intra e interlaboratorial.

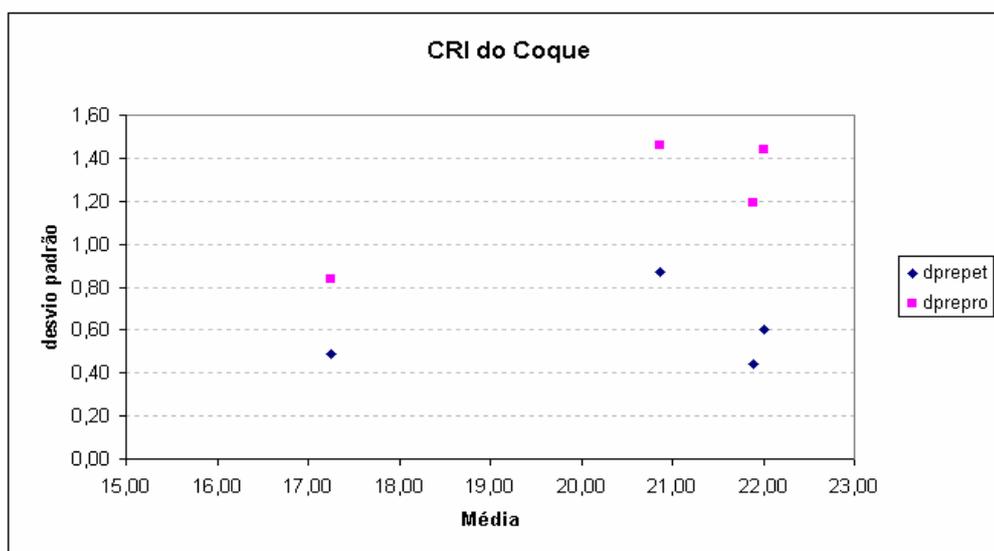


Figura 3 – Variabilidade intra e interlaboratorial para CRI

Duas considerações devem ser feitas:

- A faixa estudada foi relativamente estreita e as considerações só podem ser feitas nesse intervalo;
- O pequeno número de laboratórios e amostras incluídas nesse estudo indica que esses desvios são apenas “indicação” do que pode ser esperado.

De qualquer forma obtém-se a precisão intra e interlaboratorial para o intervalo das amostras estudadas

Como exemplo, amostras homogêneas de coque com CRI de 22 apresentaram variabilidade (desvio padrão) de 0,60 no mesmo laboratório e de 1,44 entre laboratórios diferentes.

Analisando a norma *ASTM D 5341* que foi aplicada em todos os laboratórios os resultados apresentam aderência muito boa no intervalo avaliado. Como exemplo,

comparando a repetibilidade e a reprodutibilidade de um CRI de 22, no nível de confiança de 95%, temos a comparação conforme Tabela 2.

Tabela 2 – Comparação da repetibilidade e reprodutibilidade do CRI

| teste | Interlaboratorial | ASTM D 5341 |
|-------------------|-------------------|-------------|
| repetibilidade | 2,4 | 2,8 |
| reprodutibilidade | 5,8 | 5,85 |

4.3 Teste de Consistência para Enxofre em Carvão

Os resultados obtidos pelos laboratórios são apresentados na Tabela 7. Com base nestes resultados foram calculados os valores médios, desvios padrões, consistências h e k, repetibilidade (r) e reprodutibilidade (R), apresentados na Tabela 3, Figuras 4 e 5. Observa-se que para a estatística k o laboratório “G” encontra-se acima do valor crítico no material CV3. Esta condição verificada indica a ocorrência de possíveis erros aleatórios. Visto que não foi encontrada nenhuma causa especial o resultado foi mantido.

Tabela 3 - Estatísticas para o Enxofre no Carvão

| Enxofre em Carvão | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|-------|--------|---------|---------|--------|---------------|-------|-------|--------|---------|---------|--------|---------------|
| CV 1 | | | | | | CV 3 | | | | | | | |
| LAB. | média | s | d | h | k | parâmetros | LAB. | média | s | d | h | k | parâmetros |
| Lab A | 0,520 | 0,0000 | 0,0088 | 0,1806 | 0,0000 | | Lab A | 0,660 | 0,0000 | 0,0119 | 0,6504 | 0,0000 | |
| Lab B | 0,490 | 0,0000 | -0,0213 | -0,4385 | 0,0000 | média geral | Lab B | 0,625 | 0,0071 | -0,0231 | -1,2666 | 0,6325 | média geral |
| Lab C | 0,485 | 0,0071 | -0,0263 | -0,5417 | 1,1547 | desvio geral | Lab C | 0,615 | 0,0071 | -0,0331 | -1,8143 | 0,6325 | desvio geral |
| Lab D | 0,510 | 0,0000 | -0,0012 | -0,0258 | 0,0000 | Sr repetibili | Lab D | 0,645 | 0,0071 | -0,0031 | -0,1712 | 0,6325 | Sr repetibili |
| Lab E | 0,490 | 0,0000 | -0,0213 | -0,4385 | 0,0000 | SR reproduti | Lab E | 0,665 | 0,0071 | 0,0169 | 0,9243 | 0,6325 | SR reproduti |
| Lab F | 0,470 | 0,0000 | -0,0413 | -0,8512 | 0,0000 | r | Lab F | 0,630 | 0,0000 | -0,0181 | -0,9927 | 0,0000 | r |
| Lab G | 0,500 | 0,0141 | -0,0113 | -0,2322 | 2,3094 | R | Lab G | 0,640 | 0,0283 | -0,0081 | -0,4450 | 2,5298 | R |
| Lab H | 0,625 | 0,0071 | 0,1138 | 2,3474 | 1,1547 | | Lab H | 0,705 | 0,0071 | 0,0569 | 3,1152 | 0,6325 | |
| CV 2 | | | | | | CV 4 | | | | | | | |
| LAB. | média | s | d | h | k | parâmetros | LAB. | média | s | d | h | k | parâmetros |
| Lab A | 2,210 | 0,0283 | -0,0569 | -0,9227 | 1,4729 | | Lab A | 0,745 | 0,0071 | 0,0031 | 0,0660 | 0,4041 | |
| Lab B | 2,285 | 0,0071 | 0,0181 | 0,2940 | 0,3682 | média geral | Lab B | 0,715 | 0,0071 | -0,0269 | -0,5675 | 0,4041 | média geral |
| Lab C | 2,300 | 0,0141 | 0,0331 | 0,5374 | 0,7365 | desvio geral | Lab C | 0,715 | 0,0071 | -0,0269 | -0,5675 | 0,4041 | desvio geral |
| Lab D | 2,310 | 0,0000 | 0,0431 | 0,6996 | 0,0000 | Sr repetibili | Lab D | 0,750 | 0,0000 | 0,0081 | 0,1716 | 0,0000 | Sr repetibili |
| Lab E | 2,150 | 0,0283 | -0,1169 | -1,8961 | 1,4729 | SR reproduti | Lab E | 0,700 | 0,0141 | -0,0419 | -0,8843 | 0,8081 | SR reproduti |
| Lab F | 2,240 | 0,0141 | -0,0269 | -0,4360 | 0,7365 | r | Lab F | 0,715 | 0,0071 | -0,0269 | -0,5675 | 0,4041 | r |
| Lab G | 2,325 | 0,0212 | 0,0581 | 0,9430 | 1,1047 | R | Lab G | 0,745 | 0,0354 | 0,0031 | 0,0660 | 2,0203 | R |
| Lab H | 2,315 | 0,0212 | 0,0481 | 0,7807 | 1,1047 | | Lab H | 0,850 | 0,0283 | 0,1081 | 2,2833 | 1,6162 | |

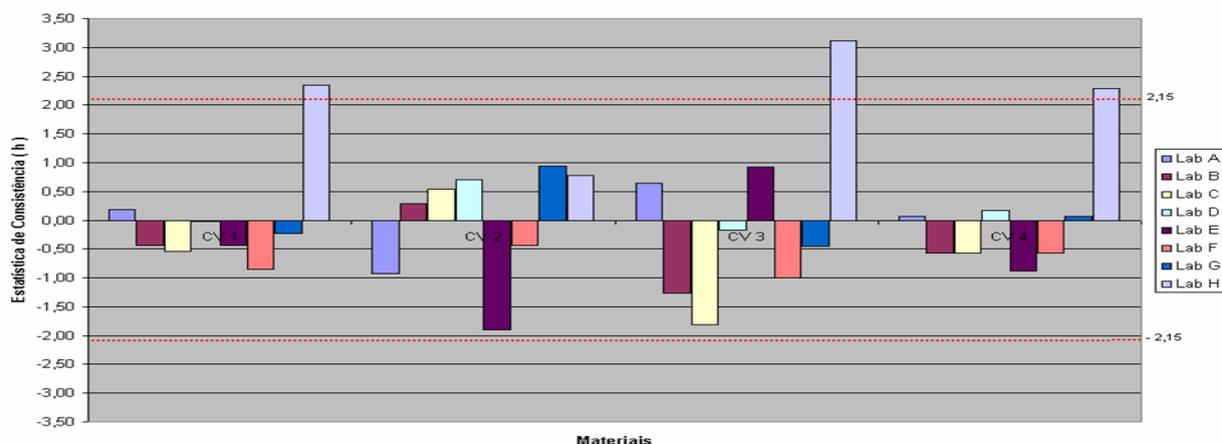


Figura 4 – Estatística de consistência (h) para o enxofre no carvão

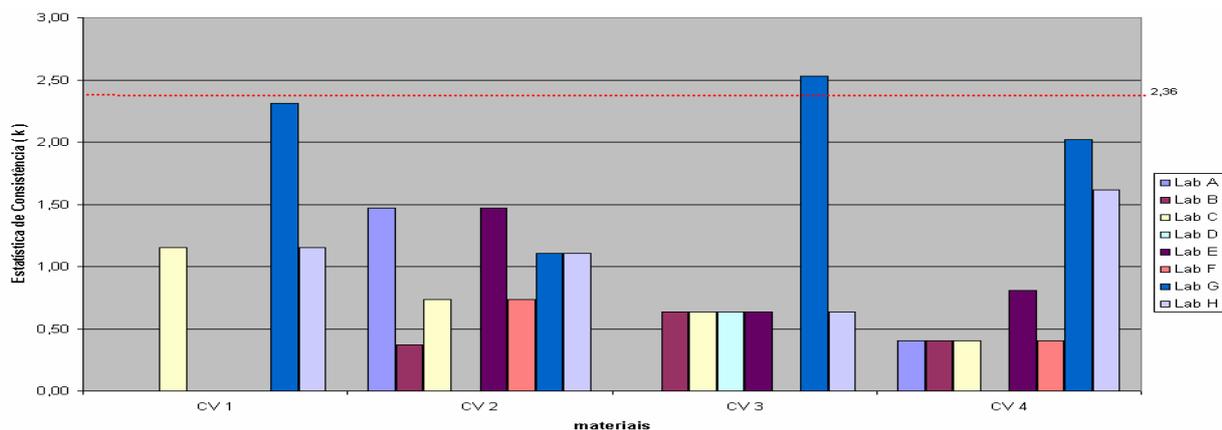


Figura 5 – Estatística de consistência (k) para o enxofre no carvão

4.4 Avaliação da Repetibilidade e Reprodutibilidade para Enxofre em Carvão

A Figura 6 retrata o comportamento da variabilidade (desvio padrão) intra e interlaboratorial.

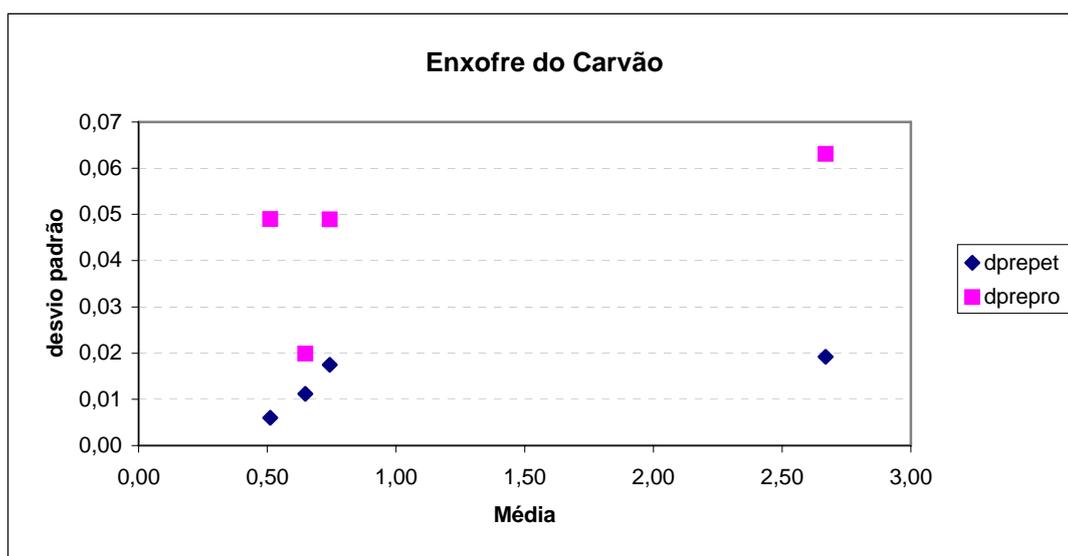


Figura 6 – Variabilidade intra e interlaboratorial para Enxofre no Carvão

Duas considerações devem ser feitas:

- A faixa estudada foi relativamente estreita e as considerações só podem ser feitas nesse intervalo;
- O pequeno número de laboratórios e amostras incluídas nesse estudo indica que esses desvios são apenas “indicação” do que pode ser esperado.

De qualquer forma obtém-se a precisão intra e interlaboratorial para o intervalo das amostras estudadas

Como exemplo, amostras homogêneas de carvão com enxofre de 0,65% apresentaram variabilidade (desvio padrão) de 0,04 no mesmo laboratório e de 0,08 entre laboratórios diferentes.

Analisando a norma *ASTM D 4239* que foi aplicada em todos os laboratórios os resultados apresentam boa aderência na faixa usual de 0,60% a 0,74%. Como

exemplo, comparando a repetibilidade e a reprodutibilidade de um enxofre de 0,65%, no nível de confiança de 95%, temos a comparação conforme Tabela 4.

Tabela 4 – Comparação da repetibilidade e reprodutibilidade do enxofre no carvão

| teste | Interlaboratorial | ASTM D 4239 |
|-------------------|-------------------|-----------------------|
| repetibilidade | 0,04 | $0,02 + 0,03 \bar{X}$ |
| reprodutibilidade | 0,08 | $0,02 + 0,09 \bar{X}$ |

4.5 Avaliação da Repetibilidade e Reprodutibilidade em Ensaios de Cinzas, Matéria-Volátil e Reflectância em Carvões e de Cinzas, Matéria-Volátil, Enxofre e Reatividade em Coque

As Figuras 7 e 8 mostram as estimativas dos desvios padrões intra e interlaboratorial desses ensaios. Pode-se verificar que, principalmente os desvios interlaboratoriais apresentam-se superiores aqueles citados nas normas de referência. Provavelmente devido as diferenças de metodologia.

5 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos pelos laboratórios participantes evidenciam que:

- Os valores de enxofre, CRI e CSR em Coque podem ser comparados, considerando-se a variabilidade obtida intra e interlaboratórios;
- Os resultados de enxofre em Carvão podem ser comparados na faixa dos valores usuais de 0,60% a 0,75%.

Destaca-se que os resultados obtidos neste interlaboratorial fornece aos participantes dados para comparação entre laboratórios, entre metodologias e das variações individuais de cada laboratório

BIBLIOGRAFIA

- 1 ASTM E 691-99 “ Standard Practice for Conducting an Interlaboratory Study to Determine the Precision of a Test Method;”
- 2 ASTM D 346/04 “Collection and Preparation of Coke Samples for Laboratory Analysis”;
- 3 ASTM D 2234 “Collection of a Gross Sample of Coal”;
- 4 ASTM D 2013 “Preparing Coal Samples for Analysis”;
- 5 ASTM D 5341 “Measuring Coke Reactivity Index (CRI) and Coke Strength after Reaction (CRS)”;
- 6 ASTM D 4239 “Sulfur in the Analysis Sample of Coal and Coke Using High-Temperature Tube Furnace Combustion Methods”.

Anexos

Tabela 5– Normas adotadas pelos laboratórios para análises em Carvão

| | COSIPA | USIMINAS | GERDAU | CST | CSN | SIDERAR | INCAR | ARCELOR |
|-----------------------------|----------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---------------|----------------|
| Cinzas | ASTM D 3174 | ASTM D 3174 | ASTM D 5142 | ASTM D 3174 | ASTM D 5142 | ASTM D 3174 | UNE 32004 | ISO 1171 |
| Matéria- volátil | ASTM D 3175 | ASTM D 3175 | ASTM D 5142 | ASTM D 3175 | ASTM D 5142 | ASTM D 3175 | UNE 32019 | ISO 562 |
| Enxofre | ASTM D4239 | ASTM D4239 | ASTM D3177 | ASTM D4239 | ASTM D4239 | ASTM D4239 | UNE | ISO 334 |
| Rm | | JIS 8811 | NBR 8393 | ASTM D 2798 | | ASTM D 2798 | ISO 7404-5 | UNE 32302 |

Tabela 6– Normas adotadas pelos laboratórios para análises em Coque

| | COSIPA | USIMINAS | GERDAU | CST | CSN | SIDERAR | INCAR | ARCELOR |
|-----------------------------|----------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Cinzas | ASTM D 3174 | ASTM D 3174 | ASTM D 5142 | ASTM D 3174 | ASTM D 5142 | ASTM D 3174 | UNE 32004 | ISO 1171 |
| Matéria- volátil | ASTM D 3175 | ASTM D 3175 | ASTM D 5142 | ASTM D 3175 | ASTM D 5142 | ASTM D 3175 | UNE 32019 | ISO 562 |
| Enxofre | ASTM D 4239 | ASTM D 4239 | ASTM D 3177 | ASTM 3177 | ASTM D4239 | ASTM D4239 | UNE | ISO 334 |
| CRI e CSR | ASTM D 5341 | ASTM D 5341 | ASTM D 5341 | ASTM D 5341 | ASTM D 5341 | ASTM D 5341 | ASTM D 5341 | ASTM D 5341 |

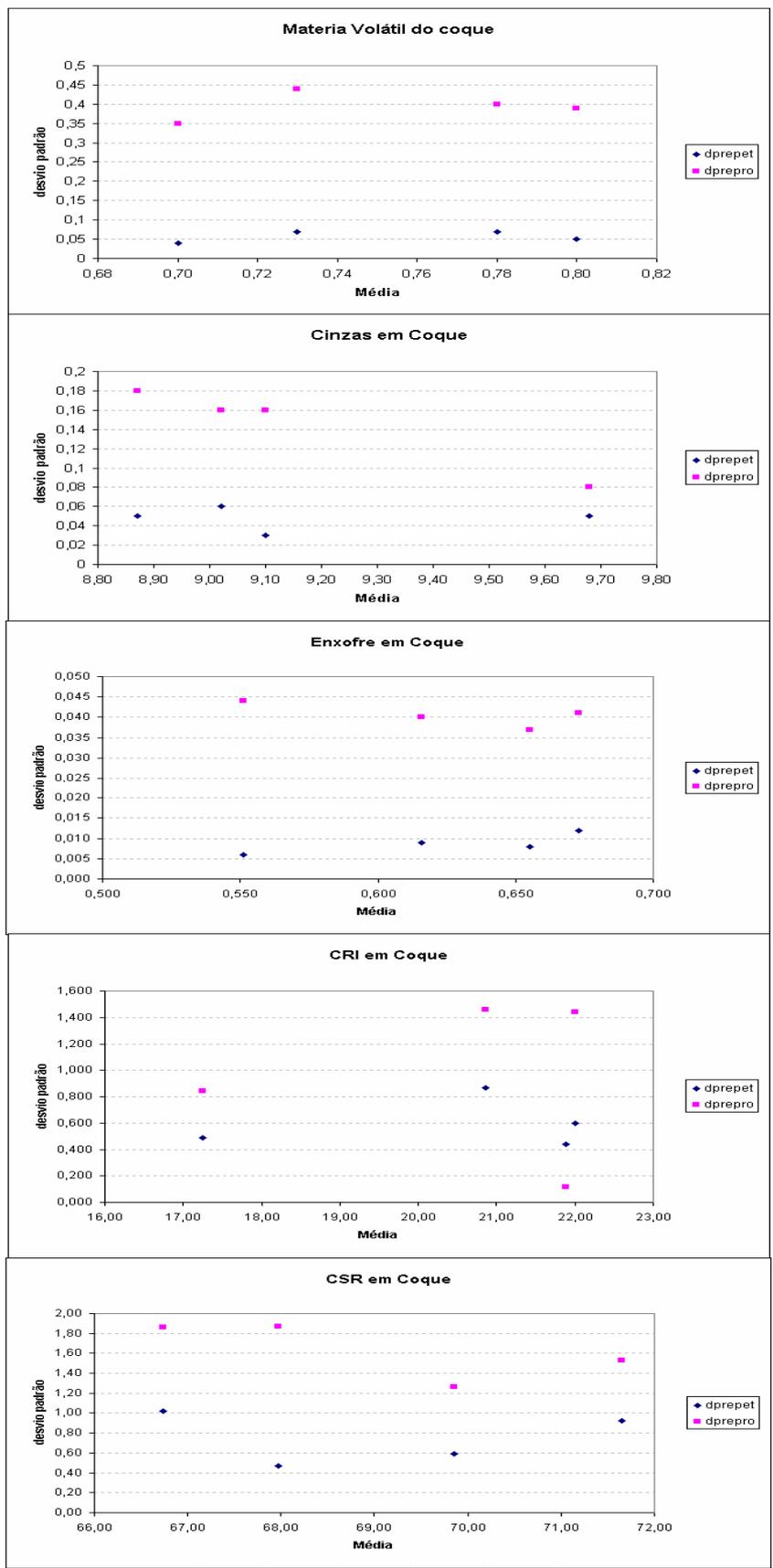


Figura 7 – Gráficos dos desvios da repetibilidade e reprodutibilidade no Coque

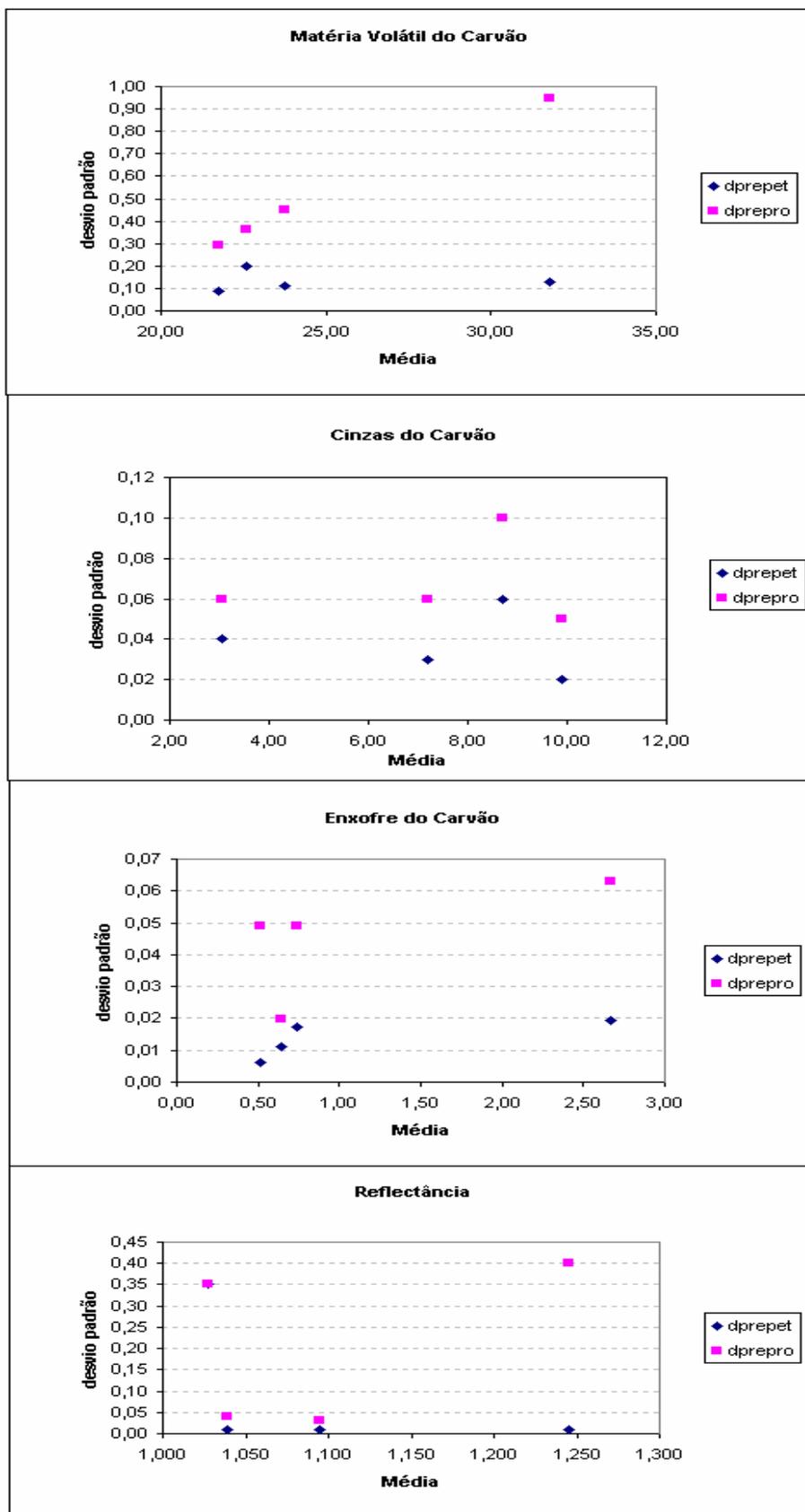


Figura 8 - Gráficos dos desvios da repetibilidade e reprodutibilidade no Carvão

Tabela 7 - Tabela geral dos resultados dos Carvões por laboratório

| Matéria Volátil em Carvão | | | | |
|----------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| <i>Laboratório</i> | CV 1 | CV 2 | CV 3 | CV 4 |
| A | 23,20 | 31,58 | 22,47 | 21,60 |
| | 23,24 | 31,56 | 22,51 | 21,70 |
| B | 24,15 | 30,09 | 22,39 | 21,96 |
| | 24,01 | 30,03 | 22,41 | 21,89 |
| C | 23,78 | 31,67 | 22,89 | 21,79 |
| | 23,79 | 31,74 | 22,73 | 21,83 |
| D | 23,77 | 32,20 | 21,82 | 21,54 |
| | 23,46 | 31,91 | 22,10 | 21,31 |
| E | 23,85 | 31,93 | 23,32 | 21,43 |
| | 23,62 | 32,30 | 22,61 | 21,35 |
| F | 23,59 | 31,66 | 22,79 | 21,87 |
| | 23,68 | 31,55 | 22,81 | 21,88 |
| G | 23,23 | 31,77 | 22,42 | 21,39 |
| | 23,35 | 31,57 | 22,53 | 21,59 |
| H | 24,63 | 33,52 | 22,75 | 22,22 |
| | 24,60 | 33,54 | 22,66 | 22,17 |
| Cinzas em Carvão | | | | |
| <i>Laboratório</i> | CV 1 | CV 2 | CV 3 | CV 4 |
| A | 9,96 | 3,08 | 8,82 | 7,28 |
| | 9,92 | 2,99 | 8,84 | 7,25 |
| B | 9,87 | 3,08 | 8,73 | 7,21 |
| | 9,90 | 3,03 | 8,65 | 7,14 |
| C | 9,88 | 3,00 | 8,76 | 7,20 |
| | 9,88 | 3,03 | 8,69 | 7,17 |
| D | 9,99 | 3,09 | 8,69 | 7,30 |
| | 9,97 | 3,11 | 8,73 | 7,30 |
| E | 9,85 | 2,98 | 8,51 | 7,13 |
| | 9,85 | 2,93 | 8,57 | 7,14 |
| F | 9,99 | 3,14 | 8,71 | 7,25 |
| | 9,95 | 3,12 | 8,70 | 7,16 |
| G | 9,85 | 2,97 | 8,87 | 7,15 |
| | 9,83 | 3,04 | 8,65 | 7,18 |
| H | 9,89 | 3,10 | 8,67 | 7,16 |
| | 9,94 | 3,09 | 8,74 | 7,12 |
| Enxofre em Carvão | | | | |
| <i>Laboratório</i> | CV 1 | CV 2 | CV 3 | CV 4 |
| A | 0,52 | 2,23 | 0,66 | 0,75 |
| | 0,52 | 2,19 | 0,66 | 0,74 |
| B | 0,49 | 2,29 | 0,63 | 0,71 |
| | 0,49 | 2,28 | 0,62 | 0,72 |
| C | 0,48 | 2,31 | 0,61 | 0,72 |
| | 0,47 | 2,29 | 0,62 | 0,71 |
| D | 0,51 | 2,31 | 0,65 | 0,75 |
| | 0,51 | 2,31 | 0,64 | 0,75 |
| E | 0,49 | 2,17 | 0,67 | 0,69 |
| | 0,49 | 2,13 | 0,66 | 0,71 |
| F | 0,47 | 2,25 | 0,63 | 0,71 |
| | 0,47 | 2,23 | 0,63 | 0,72 |
| G | 0,49 | 2,34 | 0,62 | 0,72 |
| | 0,51 | 2,31 | 0,66 | 0,77 |
| H | 0,63 | 2,33 | 0,70 | 0,83 |
| | 0,62 | 2,30 | 0,71 | 0,87 |
| Reflectância em Carvão | | | | |
| <i>Laboratório</i> | CV 1 | CV 2 | CV 3 | CV 4 |
| A | 1,07 | 1,04 | 1,28 | 1,16 |
| | 1,08 | 1,07 | 1,27 | 1,17 |
| C | 1,10 | 1,06 | 1,20 | 1,14 |
| | 1,09 | 1,05 | 1,21 | 1,16 |
| D | 1,15 | 1,06 | 1,28 | 1,18 |
| | 1,14 | 1,07 | 1,30 | 1,17 |
| E | 1,06 | 0,99 | 1,22 | 1,13 |
| | 1,07 | 0,98 | 1,21 | 1,12 |
| F | 1,06 | 1,01 | 1,21 | 1,15 |
| | | | | |
| G | 1,06 | 1,01 | 1,24 | 1,19 |
| | | | | |
| H | 1,14 | 1,01 | 1,24 | 1,15 |
| | | | | |

Tabela 8 - Tabela geral dos resultados dos Coques por laboratório

| Matéria-volátil em Coque | | | | |
|---------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| <i>Laboratório</i> | CQ 1 | CQ 2 | CQ 3 | CQ 4 |
| A | 1,07 | 0,99 | 1,16 | 1,09 |
| | 0,95 | 0,83 | 1,20 | 1,11 |
| B | 0,70 | 0,81 | 0,98 | 0,93 |
| | 0,80 | 0,97 | 1,10 | 1,07 |
| C | 0,97 | 1,10 | 1,06 | 1,17 |
| | 0,97 | 1,27 | 1,17 | 1,16 |
| D | 0,90 | 0,81 | 0,80 | 0,82 |
| | 0,84 | 0,79 | 0,83 | 1,03 |
| E | 0,39 | 0,37 | 0,81 | 0,35 |
| | 0,42 | 0,36 | 0,79 | 0,35 |
| F | 1,10 | 1,25 | 1,02 | 1,11 |
| | 1,10 | 1,30 | 1,00 | 1,07 |
| G | 0,15 | 0,07 | 0,09 | 0,11 |
| | 0,20 | 0,03 | 0,03 | 0,21 |
| H | 0,34 | 0,41 | 0,43 | 0,40 |
| | 0,32 | 0,36 | 0,40 | 0,46 |
| Cinzas em Coque | | | | |
| <i>Laboratório</i> | CQ 1 | CQ 2 | CQ 3 | CQ 4 |
| A | 9,79 | 9,32 | 9,28 | 9,12 |
| | 9,88 | 9,35 | 9,16 | 9,07 |
| B | 9,64 | 9,10 | 8,88 | 9,01 |
| | 9,58 | 9,08 | 8,88 | 9,00 |
| C | 9,72 | 9,17 | 8,97 | 8,92 |
| | 9,63 | 9,15 | 9,02 | 8,82 |
| D | 9,69 | 9,04 | 9,06 | 8,75 |
| | 9,67 | 9,09 | 9,17 | 8,89 |
| E | 9,64 | 8,78 | 8,78 | 8,47 |
| | 9,59 | 8,87 | 8,93 | 8,53 |
| F | 9,71 | 9,16 | 9,18 | 8,81 |
| | 9,73 | 9,23 | 9,21 | 8,88 |
| G | 9,54 | 9,08 | 8,86 | 8,95 |
| | 9,68 | 9,07 | 8,85 | 8,94 |
| H | 9,70 | 9,08 | 9,08 | 8,90 |
| | 9,63 | 8,98 | 9,06 | 8,90 |
| Enxofre em Coque | | | | |
| <i>Laboratório</i> | CQ 1 | CQ 2 | CQ 3 | CQ 4 |
| A | 0,51 | 0,63 | 0,59 | 0,65 |
| | 0,51 | 0,63 | 0,58 | 0,65 |
| B | 0,53 | 0,65 | 0,61 | 0,65 |
| | 0,53 | 0,66 | 0,62 | 0,66 |
| C | 0,59 | 0,70 | 0,62 | 0,70 |
| | 0,58 | 0,71 | 0,62 | 0,71 |
| D | 0,52 | 0,64 | 0,60 | 0,64 |
| | 0,53 | 0,65 | 0,59 | 0,65 |
| E | 0,56 | 0,63 | 0,61 | 0,66 |
| | 0,55 | 0,61 | 0,63 | 0,67 |
| F | 0,58 | 0,67 | 0,65 | 0,72 |
| | 0,58 | 0,68 | 0,66 | 0,71 |
| G | 0,49 | 0,60 | 0,55 | 0,61 |
| | 0,50 | 0,58 | 0,56 | 0,62 |
| H | 0,63 | 0,72 | 0,67 | 0,75 |
| | 0,62 | 0,73 | 0,69 | 0,71 |
| CRI em Coque | | | | |
| <i>Laboratório</i> | CQ 1 | CQ 2 | CQ 3 | CQ 4 |
| A | 22,50 | 22,30 | 19,10 | 16,50 |
| | 22,90 | 23,00 | 19,50 | 16,84 |
| B | 21,40 | 21,00 | 20,50 | 16,30 |
| | 21,90 | 21,40 | 20,80 | 17,00 |
| C | 21,64 | 22,18 | 20,28 | 16,68 |
| | 19,71 | 22,36 | 19,37 | 16,32 |
| D | 23,38 | 21,05 | 24,36 | 17,74 |
| | 24,35 | 21,96 | 21,15 | 18,43 |
| E | 22,54 | 23,12 | 20,30 | 16,43 |
| | 22,26 | 22,45 | 20,91 | 17,40 |
| F | 20,18 | 20,30 | 20,60 | 16,94 |
| | 19,53 | 19,25 | 19,99 | 16,26 |
| G | 22,60 | 23,00 | 22,50 | 18,20 |
| | 23,10 | 23,10 | 22,70 | 18,50 |
| H | 22,50 | 26,20 | 22,10 | 19,40 |
| | | 29,70 | | 21,00 |
| CSR em Coque | | | | |
| <i>Laboratório</i> | CQ 1 | CQ 2 | CQ 3 | CQ 4 |
| A | 71,00 | 67,90 | 70,50 | 71,30 |
| | 72,50 | 68,40 | 70,10 | 71,50 |
| C | 72,05 | 65,34 | 69,36 | 70,98 |
| | 75,08 | 65,91 | 69,40 | 71,40 |
| D | 71,32 | 67,93 | 67,57 | 68,66 |
| | 70,30 | 66,52 | 68,66 | 69,07 |
| E | 70,23 | 63,04 | 66,59 | 70,41 |
| | 69,96 | 65,24 | 65,87 | 68,49 |
| F | 72,69 | 68,15 | 67,88 | 69,36 |
| | 73,34 | 69,61 | 68,84 | 69,96 |
| G | 71,00 | 67,30 | 65,90 | 68,00 |
| | 70,30 | 65,50 | 65,00 | 69,10 |
| H | 70,10 | 64,70 | 67,70 | 71,30 |
| | | 61,30 | | 69,30 |