

# UMA NOVA BENTONITA DE ALTO DESEMPENHO PARA USO EM FUNDIÇÃO<sup>1</sup>

*Wilson Luiz Guesser<sup>2</sup>  
Ana Bez Gonçalves<sup>3</sup>  
Jorel Ghizoni Antunes<sup>4</sup>*

## **Resumo:**

São comparadas propriedades de bentonitas comerciais, utilizadas no mercado brasileiro de fundição, com uma nova bentonita, de origem do Uruguai, e processada especialmente para uso em moldes de fundição. São efetuadas comparações principalmente considerando o ambiente de fundição, com alta solicitação térmica. As análises mostram os benefícios de se considerarem como critérios essenciais o desempenho com relação à solicitação térmica, quais sejam, a resistência residual e a estabilidade da adsorção de azul de metileno.

**Palavras chave:** bentonita, areia de moldagem a verde, raios-X, termogravimetria

## **A NEW HIGH PERFORMANCE BENTONITE FOR USE IN FOUNDRY MOLDING SAND**

## **Abstract:**

The properties of commercial bentonites used in the Brazilian foundry market were compared with a new bentonite from Uruguai. This bentonite is specially processed for use in foundry molds, considering the homogeneity of the water and the distribution of Na<sup>+</sup> ions. The comparison was made considering the foundry environment, with emphasis on thermal loads. The analysis shows the benefits of selecting a bentonite mainly considering the thermal load criteria, ie the residual strength and the stability of the absorption of methylene blue after foundry cycles.

**Key words:** bentonite, green molding sand, X-ray, thermogravimetry

<sup>1</sup> – 18º Congresso Anual de Fundição, CONAF, São Paulo, 2019.

<sup>2</sup> – Dr Eng, professor da UDESC Joinville, Consultor de Fundição

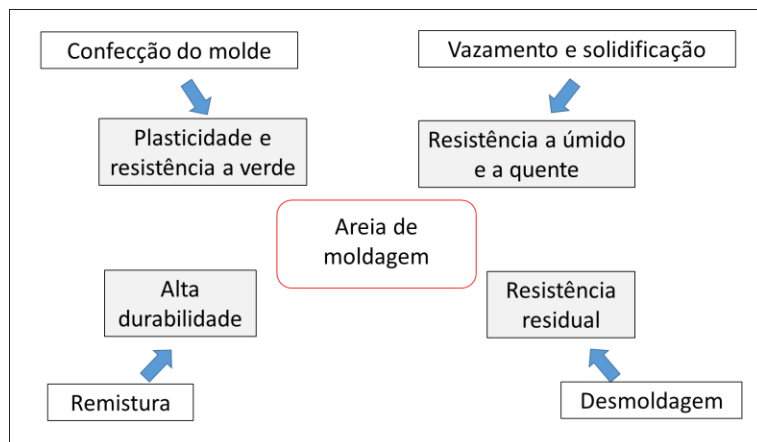
<sup>3</sup> – Química Industrial, Controle de Qualidade, Urussanga Minérios

<sup>4</sup> – Eng Químico, Controle de Qualidade, Urussanga Minérios

# 1 INTRODUÇÃO

As fundições brasileiras tem sido abastecidas com bentonitas de diversas origens: Paraíba – Brasil, Bahia – Brasil, Rio Negro – Argentina, Wyoming – EUA. Cada bentonita apresenta um conjunto de propriedades únicas, resultado de sua formação geológica e de seu processamento industrial. Deste modo, o espectro de propriedades à disposição do fundidor é bastante grande, e tem sido prática comum a mistura de bentonitas em fundição, para compor diferentes propriedades.

Da bentonita, como ligante de areia de moldagem a verde, espera-se uma série de requisitos (figura 1): fornecer plasticidade e resistência à areia de moldagem (de modo a permitir a confecção de moldes), proporcionar ao molde bom desempenho a quente (que permita o vazamento de metal líquido e a solidificação da peça sem a ocorrência de defeitos de fundição), mostrar boa desmoldabilidade na separação do molde da peça, e apresentar alta durabilidade térmica (de modo que a recuperação da areia a verde seja a mais econômica possível). A confecção de moldes pode ser efetuada em diferentes equipamentos, cada qual impondo um conjunto de propriedades à areia de moldagem; além disso, o tipo de peça traz requisitos específicos para o molde. As linhas de moldagem apresentam ainda condições muito particulares de desmoldagem, resfriamento da areia e reparação. Deste modo, cada linha de moldagem tem a sua especificação ótima de propriedades da areia.



**Figura 1** – Requisitos de uma bentonita em areia de moldagem.

No Brasil é comum a associação de uma bentonita que forneça boas propriedades a verde (resistência, plasticidade) e boa desmoldabilidade, com outra que traga ao molde bom desempenho a quente, durante o enchimento do molde e a solidificação da peça. Esta combinação veio da indústria de fundição dos EUA, que associava as duas importantes bentonitas americanas: uma do sul (Mississippi, Alabama), cálcica, com boas propriedades a verde e ótima desmoldabilidade, com outra do oeste (Wyoming), sódica, com excelentes propriedades a quente.

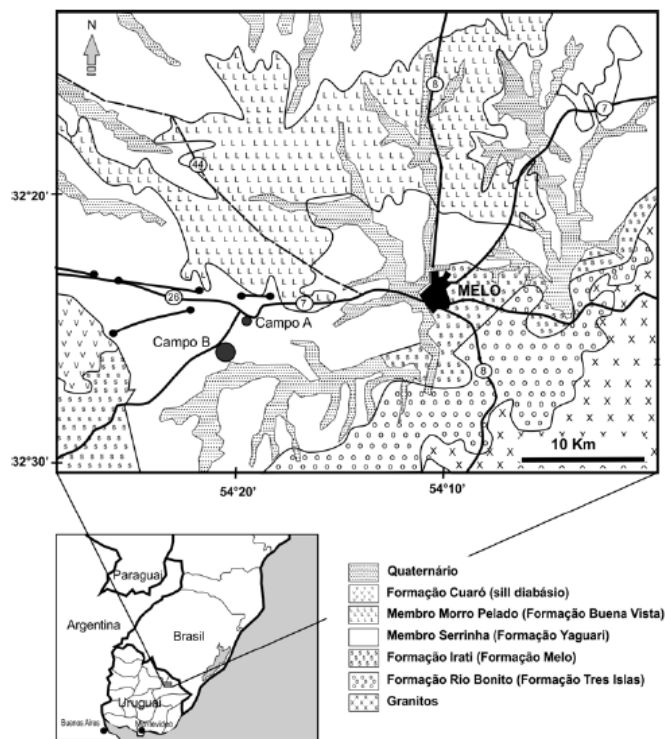
No Brasil esta combinação foi encontrada primeiro com a combinação da bentonita americana de Wyoming (propriedades a quente) com as bentonitas da Paraíba (que apresentam boas propriedades a verde e ótima desmoldabilidade). Uma descrição dos

diversos depósitos na Paraíba pode ser vista em Cutrim et all <sup>(1)</sup>. Estas bentonitas da Paraíba tem como cátion trocável preponderante o cálcio <sup>(2)</sup>, e é então realizada uma reação de troca de cátions, de cálcio por sódio (chamada impropriamente de ativação), para melhorar as propriedades a quente destas bentonitas; apesar de não se atingir os resultados da bentonita sódica de Wyoming, a troca de cálcio por sódio melhorou as propriedades a quente e permitiu trabalhar com maiores proporções de bentonitas da Paraíba. Posteriormente as bentonitas argentinas vieram a substituir em grande maioria a bentonita americana de Wyoming, com resultados equivalentes, de modo que hoje é usual, nas fundições brasileiras, a combinação de bentonitas brasileiras da Paraíba, sódicas ativadas, com bentonitas argentinas, sódicas naturais <sup>(3, 4)</sup>. Posteriormente foram colocadas no mercado outras bentonitas brasileiras, da Bahia <sup>(5)</sup>, também sódicas ativadas, porém com propriedades a quente superiores às da Paraíba.

No presente trabalho apresentam-se as propriedades de uma bentonita do Uruguai, originária do município de Melo. Enfatizam-se as suas propriedades a quente, comparando-as com várias bentonitas utilizadas nas fundições brasileiras.

## 2 LOCALIZAÇÃO DO DEPÓSITO E PROCESSAMENTO

A bentonita do Uruguai é extraída de Bañado de Medina, no Departamento de Cerro Largo, município de Melo, no norte do Uruguai (figura 2). Detalhes da geologia deste depósito de bentonita podem ser vistos em trabalhos efetuados pela UFRGS, ver Albarnaz et all <sup>(6)</sup>.



Fonte Albarnaz et all <sup>(6)</sup>

**Figura 2** – Localização da bentonita do Uruguai, no município de Melo.

O processamento da bentonita é realizado em Urussanga, SC, e envolve as etapas tradicionais de homogeneização, troca de cátions por sódio, secagem e moagem. Em face de características particulares desta bentonita, como o seu alto grau de empacotamento, as fases de ativação e de homogeneização da umidade são realizadas em algumas etapas, de modo a garantir o equilíbrio da água e dos cátions  $\text{Na}^+$  entre as lamelas de bentonita, o que confere propriedades particulares para esta bentonita. O cátion  $\text{Ca}^{++}$  é removido de solução aquosa por precipitação, permanecendo como uma partícula inerte na areia de moldagem.

### 3 TRABALHO EXPERIMENTAL REALIZADO

O trabalho experimental foi realizado com amostras comerciais, obtidas do mercado de fundição brasileiro. Não se teve a preocupação de obter uma amostra média de cada produto, mas simplesmente tirar uma fotografia das diversas bentonitas usadas nas fundições brasileiras. A tabela 1 lista as bentonitas examinadas e sua origem.

Foram efetuados ensaios com as bentonitas e com areias de moldagem, preparadas em laboratório. Empregaram-se sempre que possível as normas CEMP (ver tabela 2).

A granulometria foi caracterizada por peneiramento em malhas #40 e #200, determinando-se ainda o diâmetro médio das partículas, em equipamento Silas 1064 Líquido, usando água e poliacrilato de sódio como dispersante.

Para o ensaio de difração de raios X empregou-se um equipamento Shimadzu, modelo XRD-6000 (radiação  $\text{Cu K}\alpha$   $\lambda = 0,15405$  nm) equipado com filtro de Ni, e uma taxa de varredura de  $2^\circ/\text{min}$ .

O ensaio de termogravimetria foi efetuado num equipamento Netzsch STA 449F3. A varredura iniciou na faixa de temperatura ambiente até  $1200^\circ\text{C}$ , com taxa de aquecimento de  $10^\circ\text{C}/\text{min}$ .

As areias de moldagem foram preparadas em laboratório, com 3 kg de mistura, empregando-se areia base de Analândia, São Paulo, com módulo de finura de 54 AFS, (tamanho médio dos grãos =  $250 \mu\text{m}$ ). Em todas as misturas utilizaram-se 5 partes de bentonita (base seca).

Detalhes dos procedimentos experimentais podem ser vistos em Antunes <sup>(7)</sup>.

**Tabela 1** - Bentonitas ensaiadas

| <i>Bentonita</i> | <i>Origem</i>        |
|------------------|----------------------|
| AN1              | Argentina, Rio Negro |
| AN2              | Argentina, Rio Negro |
| BP1              | Brasil, Paraíba      |
| BP2              | Brasil, Paraíba      |
| BP3              | Brasil, Paraíba      |
| BB               | Brasil, Bahia        |
| UM               | Uruguai, Melo        |

**Tabela 2** – Ensaios realizados e normas empregadas.

| <i>Ensaio</i>                    | <i>Norma</i>  |
|----------------------------------|---------------|
| Teor de umidade                  | CEMP 206/2015 |
| Adsorção de azul de metileno     | CEMP 063/2015 |
| Granulometria                    | CEMP 208/2015 |
| Inchamento                       | CEMP 058/2015 |
| Preparação de mistura            | CEMP 068/2015 |
| Compactabilidade                 | CEMP 065/2015 |
| Resistência à compressão a verde | CEMP 067/2015 |
| Resistência à tração a úmido     | CEMP 062/2015 |
| Permeabilidade                   | CEMP 061/2015 |
| Estabilidade térmica             | CEMP 078/2015 |

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 CARACTERÍSTICAS DAS BENTONITAS

A Tabela 3 mostra as características das amostras de bentonitas em exame. O processo de obtenção destas amostras pode ter afetado o resultado de teor de umidade, pois é possível que a abertura de embalagens e o posterior transporte das amostras as tenha exposto a condições que aumentaram o seu teor de umidade. De qualquer modo, verifica-se que os teores de umidade das amostras situaram-se abaixo de 13%, valor considerado limite para transporte pneumático em fundição.

Os resultados de granulometria mostram que todas as bentonitas foram moídas adequadamente, com nenhum material retido na peneira #40 e retenção na peneira #200 abaixo de 15%. Os tamanhos médios de partículas situaram-se entre 7 a 11  $\mu\text{m}$ .

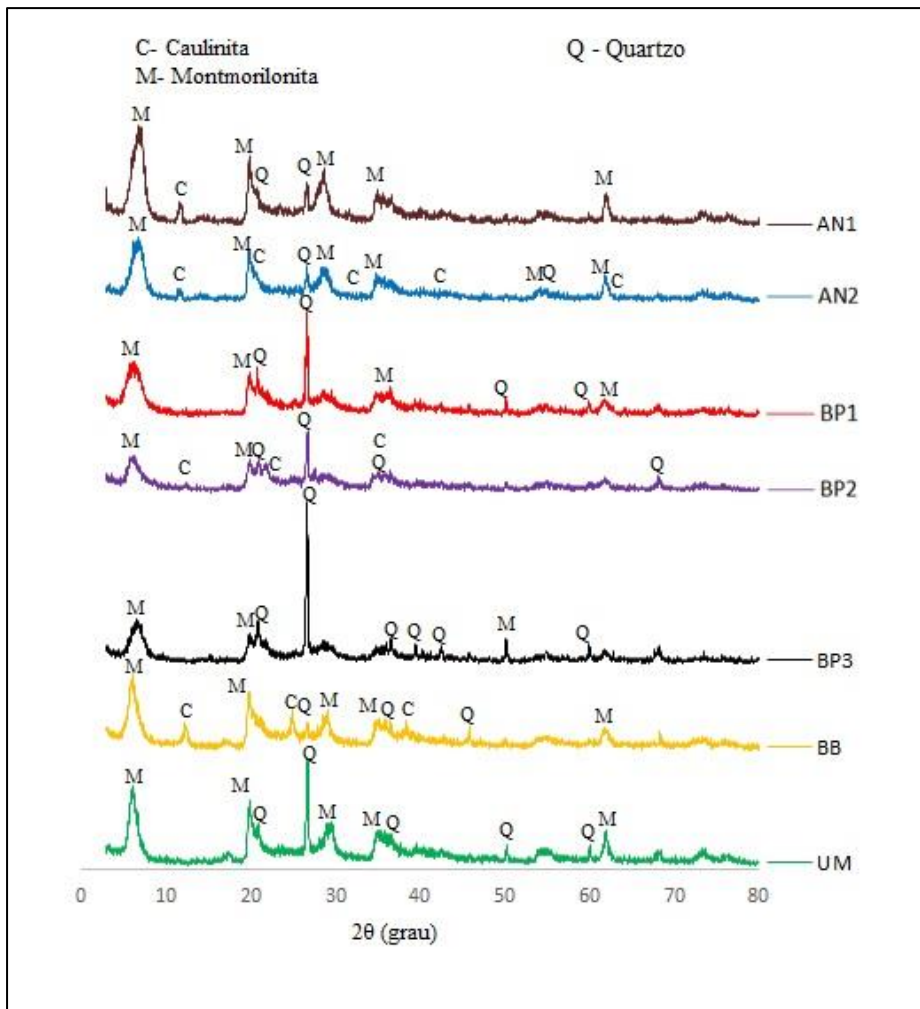
Os valores de adsorção de azul de metileno, que avaliam a capacidade de troca de cátions de argilas, mostraram-se quase sempre acima de 100 meq/100 g, valores considerados como de bentonitas <sup>(8)</sup>. Segundo Patterson e Boenisch <sup>(9)</sup>, o ensaio de azul de metileno se correlaciona com a quantidade de argilominerais esmectíticos (montmorilonita, saponita, sauconita, hectorita, beidelita, nontronita e volconscoita) presentes na argila. Estes autores <sup>(9)</sup> consideram que uma bentonita deveria apresentar teor de esmectita acima de 75%, e a maior parte das bentonitas em estudo enquadra-se neste critério.

A figura 3 mostra os resultados de exames em raios X. Estes difractogramas mostram a intensidade do pico a cerca de  $7^\circ$  (que corresponde à distância basal  $d_{001}$  de 14,58-15,16 Å), característico dos argilominerais esmectíticos <sup>(2)</sup>. A nitidez e a intensidade deste pico revelariam a boa cristalização do argilomineral esmectítico. Além disso, os difractogramas podem indicar também a presença de impurezas, como outros argilominerais (caulinita) e quartzo. Observa-se que as bentonitas AN1, BB e UM mostram picos intensos e nítidos de esmectita. A presença de quartzo é registrada em todas as amostras de bentonita, enquanto a caulinita está presente nas bentonitas AN1, AN2, BP2 e BB.

Verifica-se assim que a bentonita do Uruguai destaca-se pela sua alta pureza, revelada nos ensaios de adsorção de azul de metileno e de difração de raios X.

**Tabela 3** – Características das bentonitas examinadas. Teor de umidade, adsorção de azul de metileno, granulometria.

| bentonita | teor de umidade | % retida nas peneiras |      | diâmetro médio | Adsorção de azul de metileno |           |             |
|-----------|-----------------|-----------------------|------|----------------|------------------------------|-----------|-------------|
|           | %               | #40                   | #200 | mm             | ml/0,5 g                     | meq/100 g | % esmectita |
| AN1       | 11              | 0                     | 8,4  | 9,4            | 59,5                         | 119       | 83          |
| AN2       | 11              | 0                     | 6,1  | 6,8            | 61,5                         | 123       | 85          |
| BP1       | 12,8            | 0                     | 7,8  | 8,4            | 55,5                         | 111       | 77          |
| BP2       | 12,5            | 0                     | 11,4 | 10,7           | 50                           | 100       | 70          |
| BP3       | 12              | 0                     | 10,2 | 9,6            | 53,5                         | 107       | 74          |
| BB        | 12,5            | 0                     | 7,6  | 9,2            | 53,5                         | 107       | 74          |
| UM        | 12              | 0                     | 4    | 8,7            | 61,5                         | 123       | 85          |

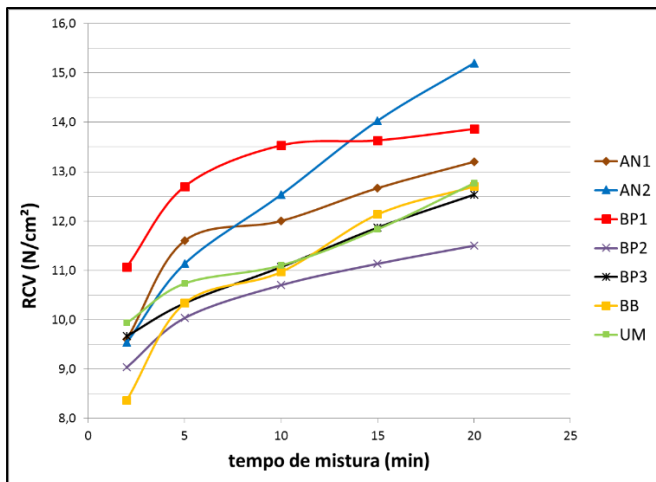


**Figura 3** - Difractogramas de raios X das bentonitas em exame.

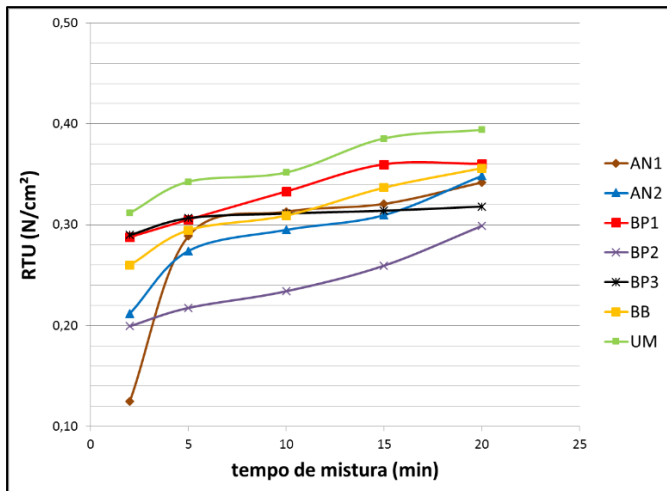
## 4.2 PROPRIEDADES EM AREIA DE MOLDAGEM

As figuras 4 a 6 mostram as propriedades em areias de moldagem das diversas bentonitas. A figura 4 ilustra o comportamento típico de aumento da Resistência à Compressão a Verde com o tempo de mistura, com algumas bentonitas apresentando uma evolução mais lenta desta propriedade, enquanto com outras bentonitas é muito rápido o aumento da RCV. Estes resultados mostram que o ensaio padrão, normalmente efetuado com pequenos tempos de mistura, não avalia completamente o comportamento de uma bentonita num sistema de areia, onde os tempos de mistura acumulados são tipicamente da ordem de 30 a 80 min <sup>(10)</sup>.

Resultados de Resistência à Tração a Úmido podem ser vistos na figura 5, para tempos crescentes de mistura. Também aqui verifica-se o comportamento crescente com o tempo de mistura. Entretanto, curtos tempos de mistura já proporcionam uma evolução rápida da Resistência à Tração a Úmido (fig 5).

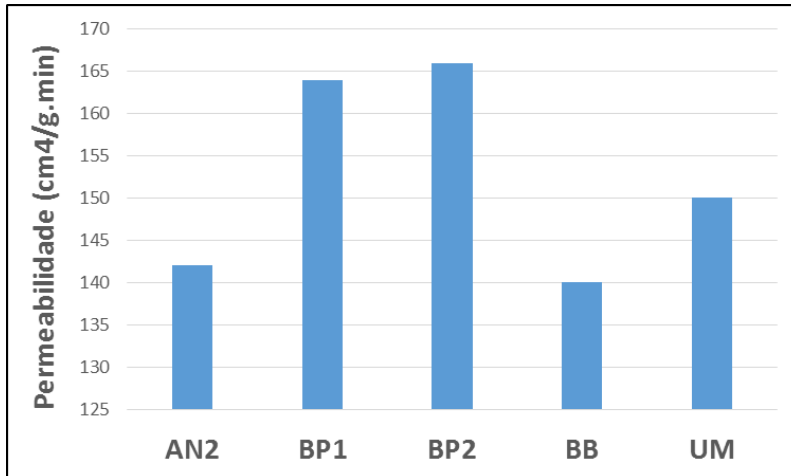


**Figura 4** - Evolução da Resistência à Compressão a Verde com o tempo de mistura. Compactabilidade = 47%. Areia-base de Analândia, MF 54 AFS.



**Figura 5** - Evolução da Resistência à Tração a Úmido com o tempo de mistura. Compactabilidade = 47%. Areia-base de Analândia, MF 54 AFS.

A figura 6 compara resultados de permeabilidade de areias de moldagem com diferentes bentonitas. Ressaltam-se os altos valores de permeabilidade apresentados pelas bentonitas da Paraíba. As bentonitas da Argentina, do Uruguai e da Bahia mostram resultados semelhantes de permeabilidade.



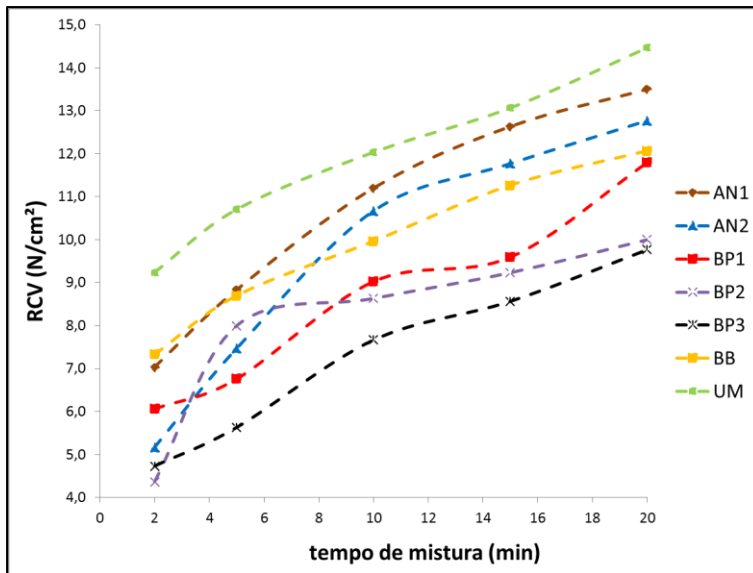
**Figura 6** - Permeabilidade em ensaio padrão, para diferentes bentonitas. Bentonita UM com valores de permeabilidade próximos ao da argentina. Areia-base padrão CEMP, MF = 56-57 AFS, 15 min de tempo de mistura. Compactabilidade = 47%.

### 4.3 COMPORTAMENTO DURANTE A FUNDIÇÃO

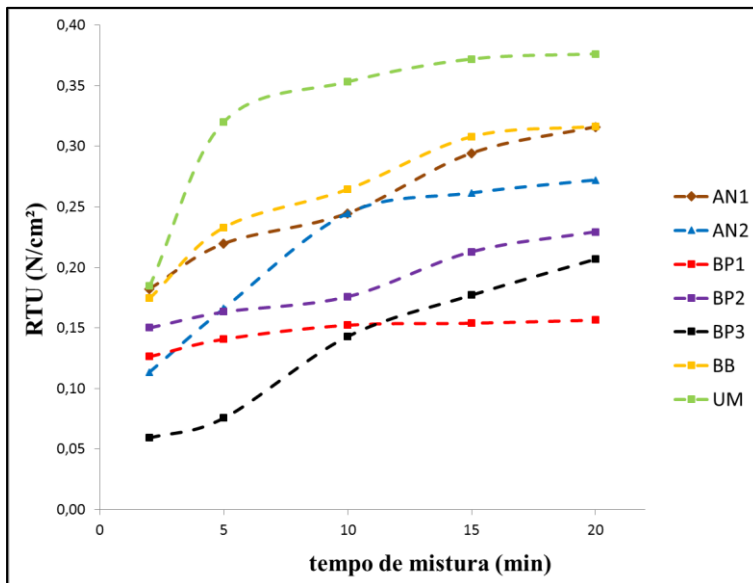
As figuras 7 e 8 mostram o comportamento de areias de moldagem em condições simulando a reciclagem em fundição: as bentonitas foram pré calcinadas por 1 h a 550°C. Nestas condições, algumas bentonitas apresentam comportamentos excepcionais, destacando-se aqui a bentonita do Uruguai. Por outro lado, as bentonitas da Paraíba, que mostravam bons valores de RCV e de RTU na condição inicial (figuras 4 e 5), apresentam aqui os menores valores de RCV e de RTU (fig 7 e 8).

Resultados de redução de adsorção de azul de metileno com calcinação a 550°C são apresentados na figura 9. Este ensaio procura avaliar a durabilidade de bentonitas em areias de moldagem recicladas <sup>(3)</sup>. Observa-se que para as bentonitas argentinas e uruguaia a adsorção de azul de metileno é reduzida de 59-62 ml para 42-44 ml com a calcinação, enquanto com as bentonitas brasileiras a adsorção cai de 50-55 ml para valores entre 30 a 36 ml. Resultados de ensaio de termogravimetria mostram comportamento semelhante (figura 10). Este ensaio mostra as temperaturas de saída de água de adsorção (80-150°C) e de água de constituição (400-700°C). Quanto maior a temperatura de saída de água de constituição, maior é a durabilidade da bentonita em areias recicladas. Uma discussão mais detalhada sobre resultados deste ensaio pode ser encontrada em Perrony & Guesser <sup>(11)</sup>. O pico de saída de água de constituição, para as bentonitas brasileiras, situa-se em torno de 500°C, enquanto para a bentonita uruguaia está em 620°C, próximo das bentonitas argentinas (650°C). Novamente aqui a avaliação de durabilidade conduz a resultados similares entre a bentonita uruguaia e as argentinas.

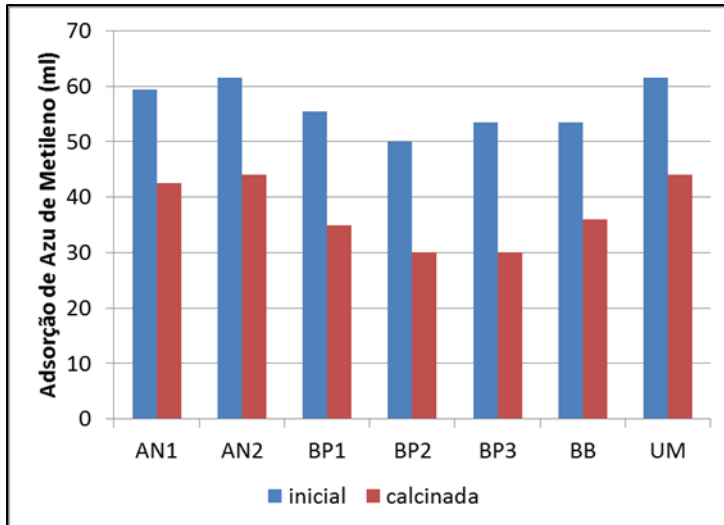




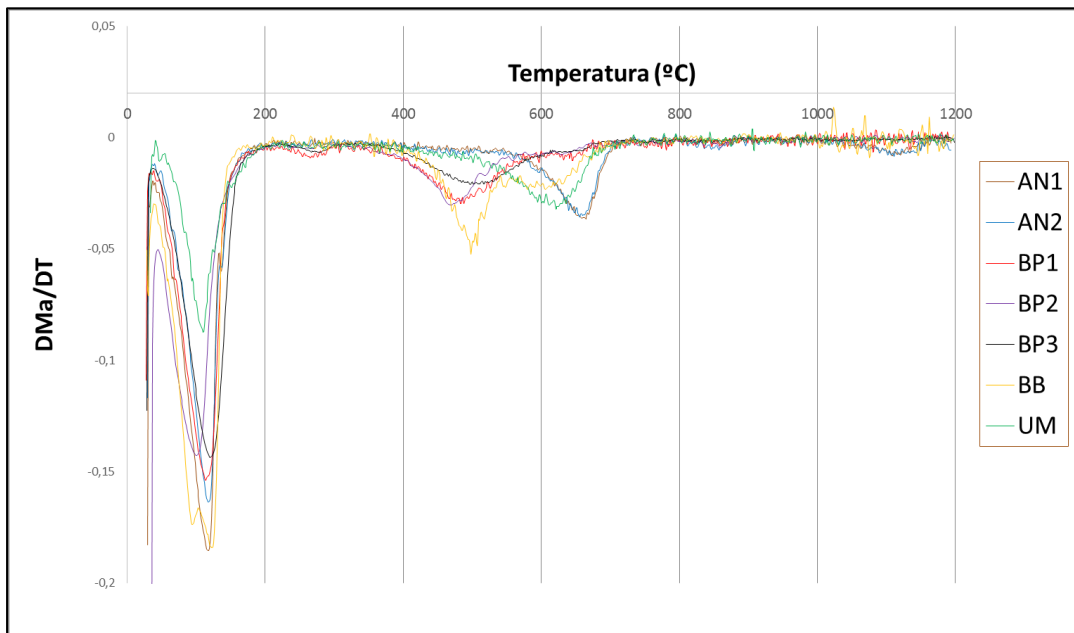
**Figura 7** - Resistência à Compressão a Verde de areias de moldagem com diferentes bentonitas, previamente calcinadas a 550°C por 1 h. Areia-base de Analândia, MF 54 AFS.



**Figura 8** - Resistência à Tração a Úmido de areias de moldagem com diferentes bentonitas, previamente calcinadas a 550°C por 1 h. Areia-base de Analândia, MF 54 AFS.



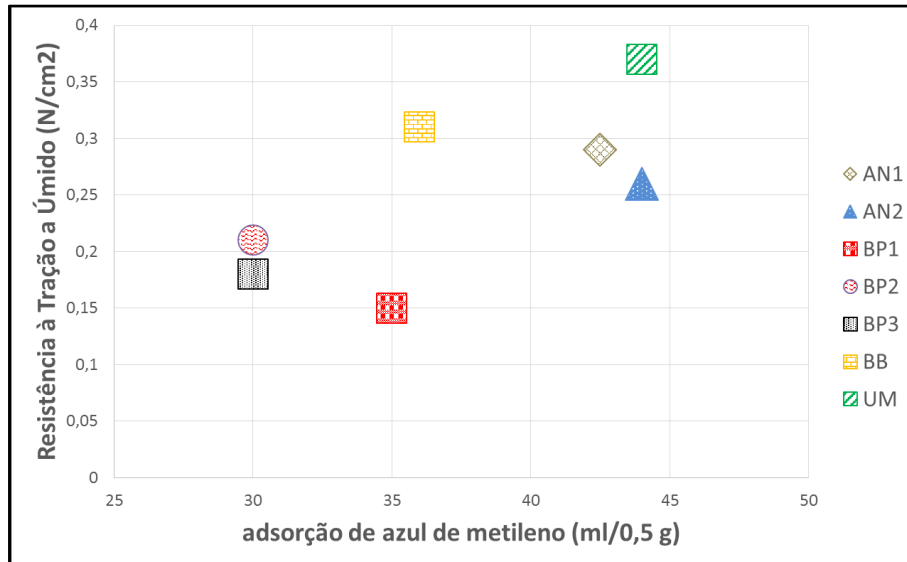
**Figura 9** – Redução de adsorção de azul de metileno com calcinação de bentonitas por 1 h a 550°C.



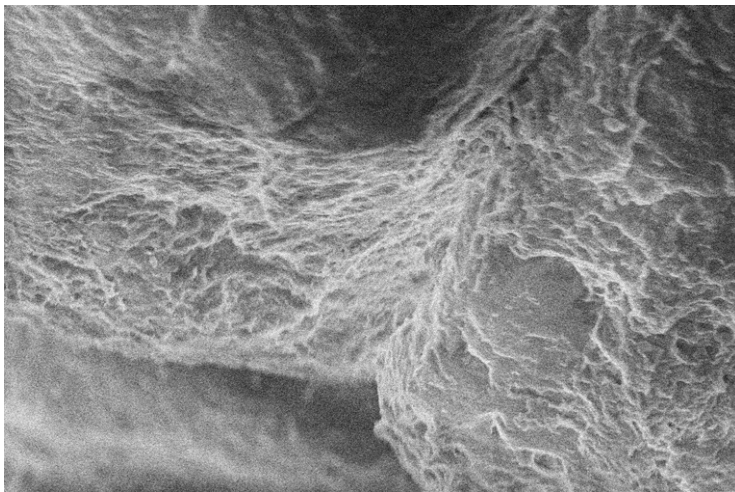
**Figura 10** - Análise termogravimétrica de bentonitas, mostrando a saída de água de adsorção (80-150°C) e a saída de água de constituição (400-700°C).

A figura 11 resume os comportamentos de bentonitas em areias recicladas, com os resultados dispostos num mapa de propriedades residuais (após calcinação). O eixo horizontal, retenção de azul de metileno após calcinação, reflete a durabilidade (ou o consumo) de bentonita, enquanto o eixo vertical mostra a resistência à formação de defeitos de expansão, também após calcinação. É interessante notar que os pontos correspondentes às bentonitas agrupam-se de acordo com a sua origem, as da Paraíba constituindo um grupo, as argentinas mostrando outro grupo. Ressalte-se aqui o comportamento da bentonita do Uruguai (UM), com resultado de durabilidade similar às argentinas e excepcionais valores de RTU em areias recicladas. Este par de

propriedades confere a esta bentonita um alto potencial para uso em areias de moldagem em fundições de peças de complexidade, com consumo muito baixo, principalmente considerando a possibilidade de redução de teor de argila ativa dada a reserva de resistência proporcionada pela bentonita UM (figura 12).



**Figura 11** – Mapa de areias recicladas. Resistência à Tração a Úmido e adsorção de Azul de Metileno com bentonitas calcinadas por 1 h a 550°C. Areia de moldagem misturada por 15 min. Destaque para a bentonita UM, com durabilidade similar às bentonitas argentinas, e excepcional RTU remanescente.



**Figura 12** – Ligação de bentonita UM entre dois grãos de areia. Amostra obtida de ensaio de RTU.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foram comparadas diversas amostras de bentonitas comerciais, utilizadas no mercado brasileiro, com uma nova bentonita do Uruguai. Os ensaios foram planejados de modo a procurar simular, em laboratório, as solicitações impostas às areias de moldagem, em

particular as térmicas, dadas pelo vazamento e solidificação da peça. Os resultados obtidos mostram que as bentonitas argentinas de Rio Negro distinguem-se das bentonitas brasileiras da Paraíba principalmente no que se refere à durabilidade e propriedades de resistência a úmido nas areias recicladas; por outro lado, as bentonitas da Paraíba apresentam ótimas propriedades a verde. A bentonita de Melo, Uruguai, apresenta desempenho muito similar às bentonitas argentinas, revelando entretanto excepcionais resultados de resistência a úmido em areias recicladas, o que pode permitir ajustes no teor de argila ativa em areias de sistema, diminuindo assim o consumo de bentonita.

## REFERÊNCIAS

- 1) CUTRIM, A. A., MARTIN-CORTÉS, G. P., VALENZUELA-DIAZ, F. R. Bentonitas da Paraíba. Ed Interciência, Rio de Janeiro, 2015.
- 2) SOUZA SANTOS, P. Estudo Tecnológico de Argilas Montmoriloníticas do Distrito de Boa Vista, Município de Campina Grande, Paraíba, Tese para Concurso à Cátedra de Química Industrial, DEQ, EPUSP, São Paulo, 1968.
- 3) GUESSER, W. L. Estudo sobre bentonitas brasileiras em areia de moldagem. Dissertação de mestrado, EPUSP, 1982. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3133/tde-08042019-102531/pt-br.php>. Acesso em 8/5/2019.
- 4) GUESSER, W. L., MASIERO, I. Masiero. Bentonitas em areias de moldagem. Congresso Anual de Fundação CONAF-ABIFA, São Paulo, 2003.
- 5) SILVA, A. R. V., FERREIRA, H. C. Argilas bentoníticas: conceitos, estruturas, propriedades, usos industriais, reservas, produção e produtores /fornecedores nacionais e internacionais. Revista Eletrônica de Materiais e Processos, v.3.2, p 26-35, 2008. ISSN 1809-8797.
- 6) ALBARNAZ, L. D., DANI, N., FORMOSO, M. L L., MEXIAS, A., LISBOA, N. A jazida de bentonita de Bañado de Medina, Melo, Uruguai. Geologia, mineralogia e utilização tecnológica. Versão *online* publicada em 16/08/2010. ([www.pesquisasemgeociencias.ufrgs.br](http://www.pesquisasemgeociencias.ufrgs.br)).
- 7) ANTUNES, J. G. Comparação de bentonitas para uso como aglomerante inorgânico em fundições de sistema de areia a verde. TCC UNESC, Criciúma, 2018.
- 8) MASIERO, I., GUESSER, W. L., MARCHESE, E. S., ROMANUS, A. Adsorção de azul de metileno em bentonitas. Fundação, p.32-33, Fev 1983.
- 9) PATTERSON, W., BOENISCH, D. Die Bedeutung der Festigkeit feuchter, tongebundener Formsande, insbesondere der Nassfestigkeit. Giesserei Techn. Wiss. Beihefte, vol 13, nº3, p. 157-93, 1961.
- 10) EYING, L., MAIS, V., MASIERO, I., GUESSER, W. L. Guesser. Comparação de diferentes processos de mistura em areia a verde. 13º Congresso Anual de Fundação, CONAF, São Paulo, 2007.
- 11) PERRYNY, A. S. B., GUESSER, W. L. Estabilidade térmica de bentonitas utilizadas como ligante em moldes para fundição. 18º Congresso Anual de Fundação, CONAF, São Paulo, 2019.