

# IMPACTO DO TRATAMENTO DE ÁGUA NO AUMENTO DE PRODUTIVIDADE DA MÁQUINA DE LINGOTAMENTO CONTÍNUO #4 DA COMPANHIA SIDERÚRGICA NACIONAL<sup>1</sup>

Sueli Aguiar Barros<sup>2</sup>  
Noraldó Hipólito Guimarães Gomes<sup>3</sup>  
Sebastião de Oliveira Ribeiro<sup>4</sup>  
Paulo Sérgio S. Santiago<sup>5</sup>

## Resumo

A redução dos custos operacionais é uma busca contínua na indústria do aço visando melhorar seu posicionamento em um mercado global cada vez mais competitivo. As relações entre o gerenciamento de qualidade do tratamento de água e o custo operacional em uma usina de aço são normalmente subestimados como áreas de significativa redução de custos e de melhoria de produtividade. O presente trabalho descreve em detalhes o trabalho realizado a partir de 2004 no tratamento de água e efluentes da máquina de corrida contínua #4 da CSN e que resultaram na redução acentuada dos custos de manutenção e, em especial, no aumento de produtividade nesta máquina, fortemente influenciados pelas otimizações realizadas no sistema de resfriamento secundário.

**Palavras-chave:** Gerenciamento da qualidade de água; Aciaria; Lingotamento contínuo.

1 *Contribuição técnica ao XXVII Seminário de Balanços Energéticos Globais e Utilidades da ABM, Porto Alegre, RS, 16 a 18 de agosto de 2006.*

2 *Engenheira de Produção da Gerência de Distribuição e Utilidades da Companhia Siderúrgica Nacional, Volta Redonda*

3 *Engenheiro Especialista de Lingotamento Contínuo da Companhia Siderúrgica Nacional, Volta Redonda*

4 *Gerente de Aplicação da Nalco Brasil Ltda.*

5 *Consultor Técnico Industrial da Nalco Brasil Ltda*

## 1 INTRODUÇÃO

A Máquina de Corrida Contínua #4 da CSN (MCC4) e a sua Estação de Tratamento de Efluentes (ETECC) foram implantadas em 1998 pelo Consórcio VAIS/BARDELLA e possui um sistema de resfriamento aberto (sistema secundário) e um fechado (sistema de moldes).

Até 2004 a máquina vinha apresentando limitações operacionais em função de problemas no sistema de resfriamento sendo que a partir de 2005, com várias otimizações implementadas principalmente no sistema secundário, estas limitações foram superadas e ainda permitiram uma razoável diminuição nos custos de manutenção.

O objetivo deste trabalho é apresentar o histórico deste sistema, descrevendo as modificações que foram feitas e um detalhamento dos benefícios auferidos.

Os dados operacionais destes sistemas são apresentados a seguir, assim como a qualidade da água de reposição.

**Tabela 1.** Dados operacionais dos sistemas de resfriamento

<b>SIST. DE RESFRIAMENTO</b>	<b>CT-101</b>	<b>CT-201</b>
Tipo	Sist. sem Contato	Contato Direto
Vazão de Recirculação (m <sup>3</sup> /h)	2.340	1.180
Capacidade de Filtração (m <sup>3</sup> /h)	307	1.500
Temperatura de Água Quente (°C)	38	55
Temperatura de Água Fria (°C)	29	35 (1 célula)
Vazão de reposição (m <sup>3</sup> /h)	75	90
Perdas Líquidas (m <sup>3</sup> /h)	25	42
Ciclos de Concentração	3	2,5
Serviço	Trocadores do Molde, máquina,	sprays

**Tabela 2.** Qualidade da Água de Reposição

<b>Parâmetro</b>	<b>Valores Típicos</b>
pH	7,0 – 7,2
Alcalinidade-M (ppm CaCO <sub>3</sub> )	35 – 40
Dureza Total (ppm CaCO <sub>3</sub> )	20 – 25
Dureza Cálcio (ppm CaCO <sub>3</sub> )	10 – 15
Cloretos (ppm Cl)	20 – 25
Turbidez (NTU)	3,0 – 5,0
Sílica (ppm SiO <sub>2</sub> )	12 - 16

Nas Figuras 1 a 2 são mostrados os diagramas destes circuitos.

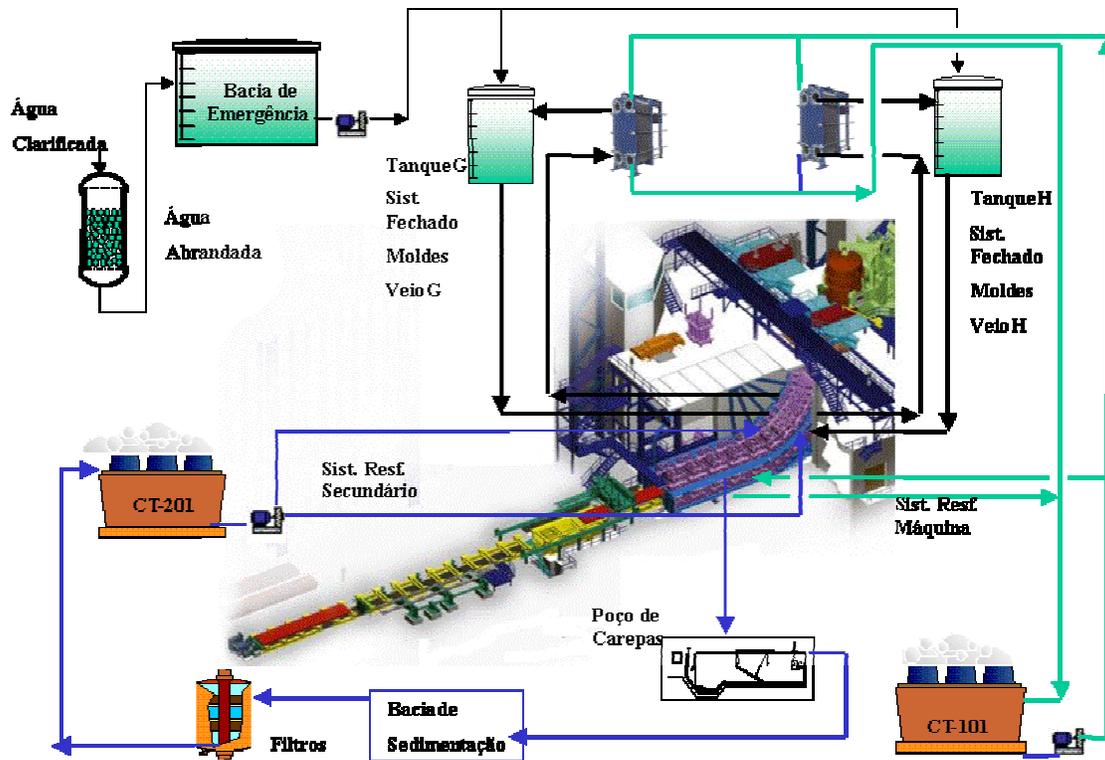


Figura 1. Sistemas de Resfriamento da MCC#4

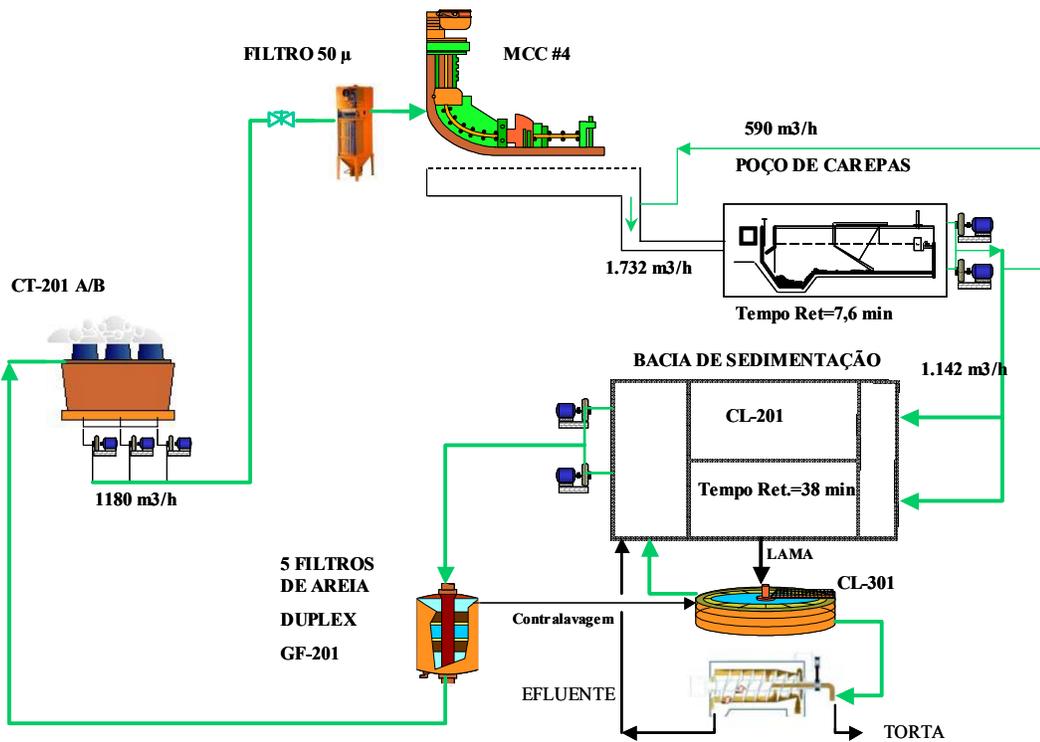


Figura 2. Resfriamento Secundário da MCC#4

## 2 IMPLEMENTAÇÃO DE MELHORIAS QUÍMICAS

Até setembro de 2004 este sistema era tratado por uma empresa do ramo com aplicação dos seguintes produtos:

**Tabela 3.** Tratamento Aplicado até setembro/2004

<b>PRODUTO</b>	<b>FUNÇÃO</b>
Fosfato	Inibidor de corrosão
Dispersante Inorgânico	Dispersante para sais inorgânicos
Policloreto de alumínio	Coagulante no poço carepas e na bacia de sedimentação
Hipoclorito	Biocida oxidante

Observava-se, no entanto, uma presença acentuada de lama e depósitos ao longo de todo o sistema: na rede de distribuição de água, nos filtros auto-limpante e Y existentes nas zonas da máquina, nos bicos sprays, etc, cujas análises indicavam composição como segue:

**Tabela 4.** Caracterização Típica de resíduos do Sistema secundário

<b>PARÂMETRO</b>	<b>Valores Encontrados</b>
Sílica (% SiO <sub>2</sub> )	<b>10 - 32</b>
Compostos Orgânicos (%)	<b>25 - 32</b>
Cálcio (% Cão)	8 - 11
Fósforo (% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	6 - 8
Ferro (% Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	11 - 14
Alumínio (% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	<b>11 - 36</b>

Observa-se a presença acentuada de alumínio, diretamente relacionada com a aplicação do policloreto de alumínio como coagulante; de sílica, pelo fenômeno de co-precipitação com o alumínio; e de compostos orgânicos, proveniente da remoção não efetiva das contaminações com óleos e graxas existentes no circuito. Também se observa a presença razoável de sais de fósforo e cálcio.

As análises de água neste período apresentavam teores elevados para parâmetros importantes neste circuito como sólidos suspensos, óleos e graxas e cloreto e baixos para o teor de alcalinidade-M. Este descontrole gerava taxas de corrosão muito elevadas na câmara de vapor da máquina, entre 55 – 163 mpy no período de 2003 a 2004.

Inspeções realizadas nas redes do circuito indicavam acentuada presença de lama (a camada chegava a ter 6 cm de espessura) como pode ser visto na Figura 3; esta elevada taxa de deposição causava elevada taxa de obstrução de bicos sprays (acima de 50%) e estava limitando a velocidade de lingotamento da máquina em 1,3 metros/min (velocidade de projeto = 2,0 m/min; velocidade segura: 1,8 m/min)

Em outubro de 2004 uma nova empresa de tratamento de água foi contratada visando ajudar a melhorar o condicionamento do tratamento de água e e recuperar as condições operacionais da máquina #4.



**Figura 3.** Condicionamento da tubulação de água do sistema em ago/2004.

Este sistema já havia sido submetido a limpeza mecânica com “pig” em maio de 2004.

### **Tratamento de Água dos Sistemas de Resfriamento a partir de out/2004:**

**Tabela 5.** Tratamento Aplicado a partir de out/2004

<b>PRODUTO</b>	<b>FUNÇÃO</b>
Fosfato / Zinco	Inibidores de corrosão
Dispersante Inorgânico para alto estresse	Dispersante para sais inorgânicos
Polímero catiônico	Coagulante
Dispersante Orgânico	Auxiliar de contralavagem dos filtros
Brometo de sódio + hipoclorito	Biocidas oxidantes

Cerca de 3 meses após o início do novo tratamento, foi realizada uma limpeza química com aplicação de dispersantes orgânicos e inorgânicos, soda, cloro e bromo objetivando remover a deposição existente. A partir daí, o tratamento teve como foco aprimorar o controle sobre sólidos suspensos, óleos e graxas e controle microbiológico visando prevenir a ocorrência de novas deposições; também buscou-se controlar os teores de cloretos e alcalinidade-M na água recirculante visando minimizar os processos corrosivos existentes.

### **Sólidos Suspensos**

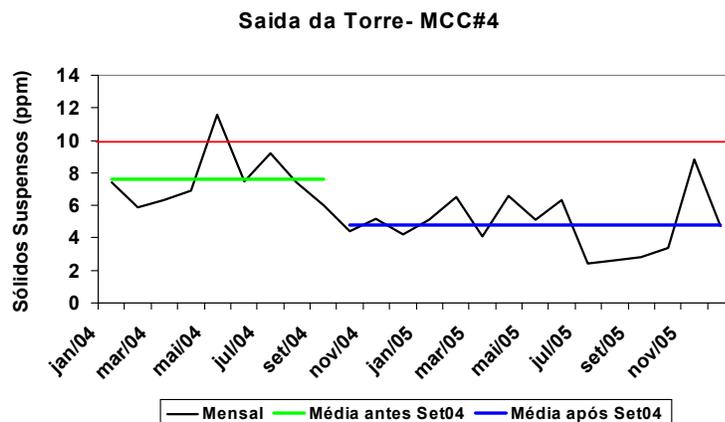
Os sólidos suspensos têm uma forte contribuição na formação de fouling neste tipo de sistema de resfriamento e é proveniente normalmente do arraste de finos de carepas e de contaminações com óleos e graxas que não são adequadamente removidos no poço de carepas, na bacia de sedimentação e/ou nos filtros de areia.

Buscamos a redução deste parâmetro com uso de um coagulante catiônico que passou a ser aplicado no poço de carepas e na bacia de sedimentação e pela recuperação da capacidade de remoção de sólidos nos filtros de areia através da utilização de um dispersante para óleos e graxas durante a retrolavagem de cada equipamento. A Tabela 6 a seguir mostra a variação de performance na remoção de sólidos suspensos na ETE (antes da bacia de sedimentação e após os filtros):

**Tabela 6.** Performance de Remoção de SS na ETE-MCC#4

LOCAL	MÉDIA 2004	MÉDIA 2005
ENTRADA ETE	26,8	20,8
SAIDA ETE	7,60	3,9
<b>REMOÇÃO %</b>	<b>71,7</b>	<b>81,0</b>

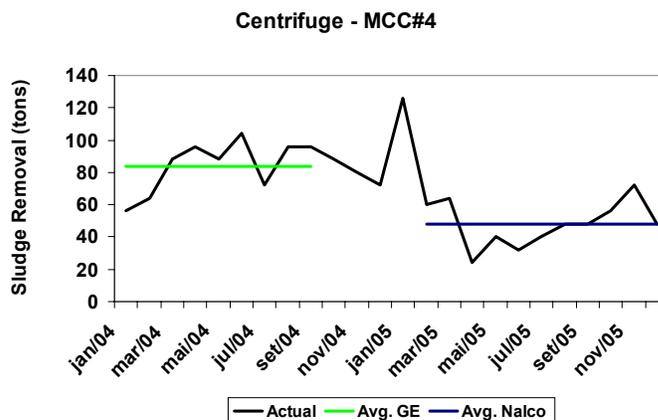
No gráfico da Figura 4 é mostrada a variação no teor de sólidos suspensos na água recirculante em 2004 e 2005:



**Figura 4.** Variação dos Sólidos Suspensos na Água Recirculante

### Remoção de Lama

No gráfico da Figura 5 a seguir é mostrada a queda na remoção de lama da ETE a partir de 2005, após a realização da limpeza química no circuito a substituição do PAC por coagulante orgânico:



**Figura 5.** Queda na remoção de lama da ETE a partir de 2005

### Óleos e Graxas

Também este parâmetro contribui de forma acentuada na formação de fouling orgânico e é proveniente de contaminações com fluidos hidráulicos e graxas utilizados na máquina e que não são adequadamente removidos no poço de carepas e/ou nos filtros de areia. Mais uma vez objetivamos melhorar esta remoção com uso de um coagulante catiônico que passou a ser aplicado na

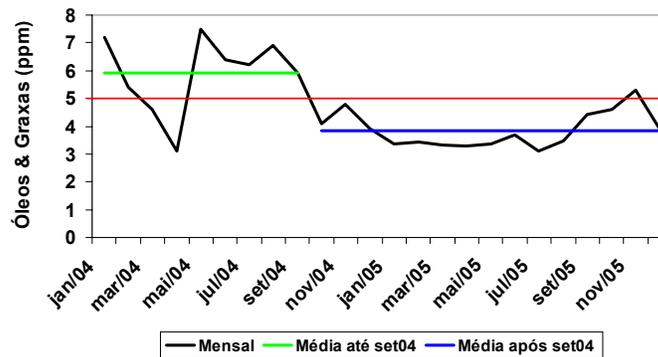
entrada da bacia de sedimentação e pela utilização de um dispersante para óleos e graxas durante a retrolavagem de cada filtro de areia visando a remoção de residuais de O&G.

A Tabela 7 a seguir mostra as melhorias conseguidas:

**Tabela 7.** Performance de Remoção de O&G na ETE-MCC#4

<b>LOCAL</b>	<b>MÉDIA 2004</b>	<b>MÉDIA 2005</b>
ENTRADA ETE	23,24	23,32
SAIDA ETE	5,99	3,77
<b>REMOÇÃO %</b>	<b>74,2</b>	<b>83,83</b>

No gráfico da Figura 6 é mostrada a variação no teor de óleos e graxas na água recirculante em 2004 e 2005; Saída da Torre - MCC#4



**Figura 6.** Variação dos Óleos e Graxas na Água Recirculante

As conseqüência deste melhor condicionamento pode ser comprovada através de inspeções realizadas na rede em jan/06:



**Figura 7.**

### **Alcalinidade-M e Cloretos**

Estes parâmetros são muito importantes pois interferem de forma acentuada na corrosividade da câmara de vapor. Os gráficos a seguir indicam a melhoria de controle dos mesmos:

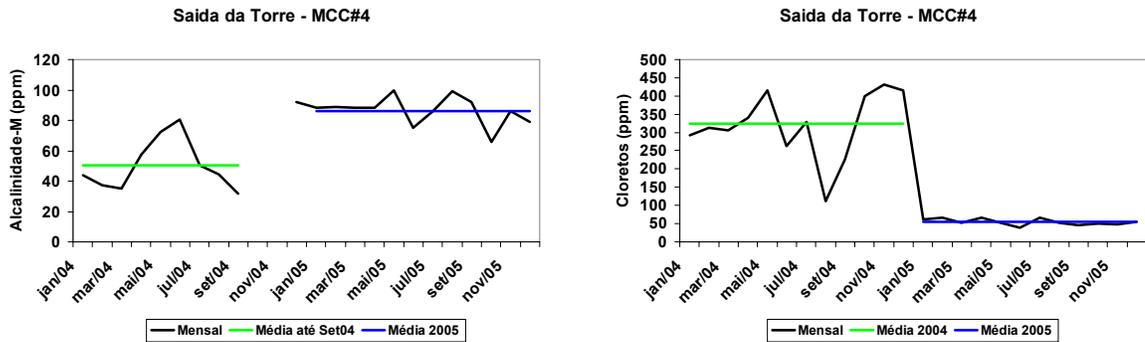


Figura 8. Variação de Alcalinidade-M e de Cloretos

A principal resultante deste melhor controle foi a redução na taxa de corrosão na câmara de vapor da máquina cujos resultados, em 2005, caíram para valores médios de **24,7 e 18,8 mpy** nos veios G e H respectivamente (estavam **entre 55 e 163 mpy** entre 2003 e 2004).

### 3 IMPLEMENTAÇÃO DE MELHORIAS OPERACIONAIS

O recheio da torre de resfriamento CT-201, do tipo alta eficiência, estava obstruído pela lama existente no sistema, o que estava minimizando a eficiência de troca térmica na torre. Com isto a temperatura de água fria sendo alimentada para o sistema estava em 35°C, mesmo operando com duas células (por projeto, deveria ser apenas uma). Houve necessidade de substituição do recheio, o que foi feito entre junho e setembro/04 e a temperatura média foi reduzida para 31,4°C, com apenas uma célula.

### 4 AUMENTO DE PRODUTIVIDADE E REDUÇÃO DE CUSTOS NA MCC#4

Foram levantadas informações sobre os vários índices de avaliação de rendimento e influenciadores de custos de manutenção na máquina 4, sendo obtidos os seguintes resultados comparativos 2004 x 2005:

ÍTEM	2004	2005	VARIAÇÃO	%
Corridas Médias de Moldes	488	595	107	21,93%
Tons entre trocas de moldes	53.680	68.425	14.745	27,47%
Campanhas de moldes entre reformas	1.610.400	2.052.750	442.350	27,47%
Velocidade média de lingotamento	1,3	1,5	0,2	15,38%
Velocidade máxima de lingotamento	1,3	1,8	0,5	38,46%
Vida Útil do Bender	436.541	532.925	96.384	22,08%
Vida Útil Segmentos 1 - 4	1.647.420	1.940.415	292.995	17,79%
Vida Útil Segmentos 5 - 9	1.202.430	1.466.357	263.927	21,95%
Vida Útil Segmentos 10 - 17	1.921.536	1.956.842	35.306	1,84%
Mancais Finais	2.750.000	3.000.000	250.000	9,09%
Mancais Centrais	2.750.000	3.000.000	250.000	9,09%
Falhas/mes mancais finais	-	-	-	
Falhas/mes mancais centrais	-1	-0,5	1	50,00%
Índice de Falhas (2003 x 2005)	-2,4	-1,7	0,7	29,17%
Disponibilidade de Máquina	97,6	98,3	0,7	0,72%
Entupimento de Bicos Sprays - Veio G (%/45 dias)			-	
Zonas 1 - 7	7,94	0,67	(7,3)	91,56%
Zonas 8 - 9 (segmentos 8 - 17)	29,0	3,36	(25,6)	88,41%
Total	28,0	4,03	(24,0)	85,61%
<b>Entupimento de Bicos Sprays - Veio H (%/45 dias)</b>				
Zonas 1 - 7	2,80	0,79	(2,0)	71,79%
Zonas 8 - 9 (segmentos 8 - 17)	8,00	2,51	(5,5)	68,63%
Total	8,62	3,75	(4,9)	56,50%

#### Benefícios Econômicos:

- Velocidade de Lingotamento: aumento médio de 1,3 para 1,5 m/min  
 $(0,2 \text{ m/min} * 60 * 18/12 \text{ ton/m}) = 18 \text{ ton/h}$   
 Fator Operacional: 93,40%  
 Capacidade produtiva a maior: 145.255 tons/ano \* \$200/ton  
**→ Benefício = ~U\$29.000.000/ano**
  - Parada média específica para limpeza de sprays em 2004: 5,3 h/mes  
 Em 2005: zero  
 Diferença = 64 hs/ano  
 Produção horária da máquina:  
 $2.200.000 \text{ t/ano} * \$200/\text{ton} / (365 * 24) = \$50200/\text{h}$   
**→ Benefício = U\$3,213,000/ano de ganho de produção**
- Houve ainda redução de custos de manutenção que foram auferidos por empresa contratada para os serviços de manutenção da máquina.

## 5 CONCLUSÃO

A busca da excelência no gerenciamento da qualidade de água são frequentemente negligenciadas como um meio efetivo não só de redução de custos operacionais em usinas siderúrgicas, como também de aumento da eficiência e da lucratividade da planta. A qualidade de água impacta fortemente os custos de manutenção, nível de produção e mesmo a qualidade do produto numa usina e isto pode ser constatado de forma bastante efetiva na máquina de lingotamento #4 da CSN.

O conceito de gerenciamento global da qualidade de água e o seu relacionamento direto com índices e normas mundiais de produtividade deveria ser fortemente considerado na avaliação deste tratamento.