

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
FACULDADE DE GEOLOGIA**

**EVOLUÇÃO DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE EFLUENTES  
BIOLÓGICOS DA MINA DE N4 DA EMPRESA VALE, EM CARAJÁS.**

**Cássio Fernando Santos Braga**

**Orientador: Prof. Dr. Milton Antonio da Silva Matta**

**Parauapebas**

**2010**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
FACULDADE DE GEOLOGIA**

**EVOLUÇÃO DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE EFLUENTES  
BIOLÓGICOS DA MINA DE N4 DA EMPRESA VALE, EM CARAJÁS.**

**Cássio Fernando Santos Braga**

---

**1° membro – orientador**

---

**2° membro - um membro indicado pelo orientador**

---

**3° membro - membro do colegiado do curso**

**Aprovação: (    ) Sim    (    ) Não**

**Parauapebas**

**2010**

Aos meus pais, meus irmãos pelos princípios  
que me foram transmitidos e por todo o apoio a  
mim dedicado durante toda a minha vida estudantil.

À Anna, minha amada esposa  
e companheira e Athos, Rachel e  
Dama pelo estímulo, auxílio e compreensão.

“A inveja dos medíocres,  
nos torna cada vez mais forte”,  
Max Cavaleva (ex-vocalista do Sepultura).

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus, a Nossa Senhora Aparecida, a Mãe Natureza e a empresa Vale, em especial a todos da equipe das áreas de Serviço e de Meio Ambiente e a empresa Jones Lang LaSalle por terem me dado a oportunidade de trabalhar no setor de Recursos Hídricos nos últimos 04 anos.

## SUMÁRIO

DEDICATÓRIA	iii
AGRADECIMENTOS	iv
SUMÁRIO	v
LISTA DE ILUSTRAÇÕES	vi
RESUMO	1
1. INTRODUÇÃO	2
2. OBJETIVOS	
2.1.OBJETIVOS GERAIS	3
2.2.OBJETIVOS ESPECIFICOS	3
3. JUSTIFICATIVA	4
4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	5
5. EVOLUÇÃO DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE EFLUENTES	
5.1.Ínicio dos trabalhos (ano de 2004)	
5.1.1. Metodologia	11
5.2.Levantamento de dados e informações (ano de 2005)	
5.2.1. Metodologia	13
5.2.2. Resultados e discussões	15
5.3.Definições e investimentos (ano de 2006)	
5.3.1. Metodologia	18
5.3.2. Resultados e discussões	19
5.4.Adequações e substituições (ano de 2007)	
5.4.1. Metodologia	23
5.4.2. Resultados e discussões	27
5.5.Acompanhamento e novas alternativa (ano de 2008)	
5.5.1. Metodologia	29
5.5.2. Resultados e discussões	30
5.6.Readequações e evolução do tratamento (ano de 2009)	
5.6.1. Metodologia	32
5.6.2. Resultados e discussões	37
6. CONCLUSÕES	44
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46
ANEXOS	47

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

### FIGURAS

Figura 1 - Localização geral da área de estudo	6
Figura 2 - Sub-bacias situadas nos platôs da Mina de Ferro	7
Figura 3- Ponto de Localização da ETE da Mina de N4	8
Figura 4 - Caixa de gordura da ETE da Mina de N4	9
Figura 5 – Medidor de vazão da ETE da Mina de N4	9
Figura 6 - Caixa partidora de vazão da ETE da Mina de N4	9
Figura 7 - Sistema de gradeamento da ETE da Mina de N4	9
Figura 8 – Lagoa de Estabilização da ETE da Mina de N4	9
Figura 9 – Caixa de descarga da ETE da Mina de N4	9
Figura 10 – Lagoa facultativa - Adaptado de VON SPERLING, 1996	10
Figura 11 – Caixa de gordura da ETE da Mina de N4	11
Figura 12 – Tubulação de entrada da ETE da Mina de N4	12
Figura 13 – Antiga comporta da saída	13
Figura 14 – Nova comporta da saída	13
Figura 15 – Saída sem as Laminas de água	14
Figura 16 – Saída com as Laminas de água	14
Figura 17 - Coletores de resíduos vazios	14
Figura 18 - Coletores de resíduos com sobrenadantes	14
Figura 19 – Horiba – U10	14
Figura 20 – Lagoa de Estabilização – ETE Mina N4	17
Figura 21 - Medidores de vazão entrada e saída	18
Figura 22 - Medidores de vazão saída	18
Figura 23 – Escada de aeração	19
Figura 24 – O crescimento celular realiza-se na presença de Oxigênio Livre	23
Figura 25 – Sistema de aeração	24
Figura 26 – Decantador lamelar	24
Figura 27 – Tratamento de lodo	24
Figura 28 – Tanque anóxico	24
Figura 29 – Discos plásticos	25
Figura 30 – Fluxograma do processo instalado na Mina de N4	25
Figura 31 – Caixas de gordura de concreto	27
Figura 32 – Caixas de gordura metálica	27
Figura 33 – Centrifuga de Lodo	29
Figura 34 - Estação de Tratamento de Esgoto (Lagoas de Estabilização) do Núcleo Urbano de Carajás	31
Figura 35 - Fluxograma do processo de polimento instalado na Mina N4	32

Figura 36 – Estação elevatória	33
Figura 37 – Caixa de controle de vazão	33
Figura 38 – Filtros anaeróbios da ETE de polimento	35
Figura 39 – ETE de polimento	35
Figura 40 – Saída do efluente tratado da ETE da Mina de N4	36

## TABELAS

Tabela 1 - Eficiências típicas de diversos sistemas na remoção de DBO.	16
Tabela 2 - Ensaio de Solubilização do resíduo sólido do fundo da lagoa de estabilização da ETE da Mina de N4.	22
Tabela 3 - DBO de entrada na ETE Mina N4.	28
Tabela 4: Parâmetros de Frequência de Monitoramento da ETE da Mina de N4 atualizada.	37
Tabela 5: Evolução da eficiência em relação ao DBO da ETE da Mina de N4 no período de 2004 à 2009 (semestral).	38
Tabela 6: Evolução da eficiência em relação ao DBO da ETE da Mina de N4 no ano de 2009 (Sistemas de Tratamento de Esgoto).	40
Tabela 7: Evolução da eficiência em relação ao DBO da ETE da Mina de N4 no período de 2004 à 2009 (Sistemas de Tratamento de Esgoto).	42

## GRÁFICOS

Gráfico 1: Evolução da eficiência em relação ao DBO da ETE da Mina de N4 no período de 2004 à 2009 (semestral)	39
Gráfico 2: Evolução da eficiência em relação ao DBO da ETE da Mina de N4 no ano de 2009 por sistemas de tratamento	41

## RESUMO

Um dos maiores problemas ambientais existentes atualmente é a contaminação dos recursos hídricos e do solo através de descartes de esgoto sanitários e industriais fora dos padrões (legislação ambiental). Estes descartes são realizados diretamente no meio ambiente sem tratamento ou com tratamentos inadequados tanto por parte de empresas e de prefeituras. Dentro deste contexto, a VALE em cumprimento a sua política ambiental e de desenvolvimento sustentável e em atendimento a condicionantes ambientais (90% de eficiência em relação à Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)), desenvolveu um trabalho de adequação do seu sistema de tratamento de efluentes biológicos provenientes dos processos administrativos da sua unidade em Carajás no Pará. Para alcançar esta eficiência, foram utilizadas metodologias de diagnósticos de campo, manutenções corretivas, revisão de procedimentos operacionais, elaboração de projetos executivos e modificação do sistema de tratamento de efluentes biológicos. A opção da modificação do sistema da Estação de Tratamento de Efluentes Biológicos da Mina de N4 (ETE-N4), de lagoa de estabilização, por um sistema de lodo ativado com polimento final através do uso de filtros anaeróbios, se deu pelo fato do sistema de lagoa de estabilização possuir uma eficiência média de no máximo 80% de remoção de DBO o que não atenderia a condicionante ambiental. Com esta modificação do sistema de tratamento, a ETE-N4 alcançou a eficiência de 90% em relação à DBO em meados de 2009 apresentando ainda pequenas variações médias de 3% a 4% até o final de 2009, mas já com uma estabilidade que não havia anteriormente no sistema de lagoa de estabilização.

## 1- INTRODUÇÃO

De acordo com a Organização Mundial de Saúde – OMS, o saneamento é o controle de todos os fatores do meio físico do homem, que exercem ou podem exercer efeitos nocivos sobre seu bem estar físico, mental e social.

Através desta definição verifica-se o quanto são importantes os tratamentos dos efluentes, sejam eles biológicos, químicos ou misturados, provenientes desde as atividades básicas sanitárias do homem até os mais modernos processos industriais.

O Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, que determina através da Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, Capítulo IV, - Das Condições e Padrões de Lançamento de Efluentes, Art. 24. - Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados, direta ou indiretamente, nos corpos de água, após o devido tratamento e desde que obedeçam as condições, padrões e exigências dispostos nesta Resolução e em outras normas aplicáveis.

Buscando a adequação à Resolução do CONAMA citada anteriormente, e a minimização dos impactos ambientais com efluentes biológicos gerados na Mina de Ferro da empresa VALE, na Serra dos Carajás, no estado do Pará, a mesma realizou um processo de adequação no seu sistema de tratamento biológico.

A pesquisa irá abordar os diagnósticos, as propostas, as modificações, adequações e evoluções realizadas pela empresa na Estação de Tratamento de Esgoto da Mina de Ferro (ETE Mina N4) e analisar os benefícios ambientais.

## **2- OBJETIVOS**

### **2.1- GERAIS**

Analisar os benefícios ambientais e o aumento de eficiência da Estação de Tratamento de Esgoto da Mina de N4 em Carajás, através de ações de adequação, otimização e implantação de novos sistemas de tratamento de esgoto, para atender aos dispositivos da Resolução nº 357/2005 do CONAMA.

### **2.2- ESPECÍFICOS**

Realizar um diagnóstico da Estação de Tratamento de Esgoto da Mina de N4 em Carajás antes da solicitação do IBAMA de adequação da eficiência padrão de 90% em relação à Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO no ano de 2005.

Analisar os resultados das análises físico-químicas do tratamento do esgoto através do monitoramento realizado nos últimos 06 anos na Estação de Tratamento de Esgoto da Mina de N4 em Carajás.

Verificar opções de sistemas de tratamento de esgoto para verificar qual sistema é mais adequado para o tratamento do esgoto gerado na Mina de Ferro da empresa VALE, na Serra dos Carajás.

Avaliar os benefícios ambientais alcançados através dos resultados analíticos após a implantação do novo sistema de tratamento biológico.

### 3- JUSTIFICATIVA

Com o objetivo de diminuir os riscos ambientais e à saúde humana com os lançamentos de efluentes fora dos padrões das leis ambientais vigentes no Brasil, a VALE optou por substituir o Sistema de Tratamento de Efluentes de Lagoa de Estabilização que estava apresentando uma média de apenas 60% de eficiência em relação ao DBO no período de 2004 a 2007, por um compacto Sistema de Tratamento de Esgotos Aeróbio, do tipo lodo ativado.

Logo após a sua instalação e a desativação da Lagoa de Estabilização, houve uma queda na eficiência para 55% e uma instabilidade no sistema, no período entre o 2º semestre de 2007 até o 1º trimestre de 2009. Como os resultados esperados não foram alcançados, a VALE complementou o Sistema de Tratamento com um Sistema de polimento de Reatores Anaeróbios de Fluxo Ascendente e Manta Ativada.

Em julho de 2005 o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA realizou uma visita técnica as instalações da VALE na Serra dos Carajás, com o objetivo de verificar os sistemas de controle ambiental adotados na mina de Ferro e do Manganês. Após a visita técnica o IBAMA, constatou problemas nos sistemas de tratamento de efluentes biológicos das unidades da VALE em Carajás, conforme relatórios de monitoramento apresentados em cumprimento às condicionantes das respectivas licenças de operação e solicitou que a mesma adotasse uma eficiência padrão de 90% em relação a Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO.

Até a realização desta visita técnica a eficiência média do tratamento do esgoto em relação ao DBO estava na faixa de 38%.

#### 4- CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O Complexo Minerador de Carajás incluindo as Minas de Ferro, Granito, Manganês do Azul e Núcleo Urbano, localiza-se na Floresta Nacional de Carajás, criada em 02 de fevereiro de 1998 por meio do DECRETO 2486. Situa-se a uma altitude média de 650 metros acima do nível do mar no Município de Parauapebas, no Estado do Pará.

Esta região está inserida na bacia hidrográfica do rio Itacaiúnas. As instalações das minas de manganês são cortadas pelos igarapés da Boa Sorte, Kalunga e pelas cabeceiras do rio Azul, os quais drenam para o rio Itacaiúnas. Já na área das minas de ferro, os Igarapés do Gelado, Geladinho e do Jacaré drenam para o rio Parauapebas, afluente da margem direita do rio Itacaiúnas.

A província mineral de Carajás possui depósitos minerais exploráveis de ferro (18 bilhões de toneladas de hematita), manganês (80 milhões de toneladas de minério detrítico, pelítico e de Bióxido de Manganês), cobre associado a ouro, prata e molibdênio (1,2 milhões de toneladas), alumínio (1,7 bilhões de toneladas de bauxita), níquel (180 milhões de toneladas), estanho (27 mil toneladas de SnO<sub>2</sub>), Tungstênio e ouro.

O Projeto Ferro Carajás é um sistema integrado de mina, ferrovia e porto. É o único projeto de mineração de ferro em produção no norte do Brasil. Compreende o desenvolvimento de minas a céu aberto e um complexo de processamento industrial.

As operações de produção de minério de ferro e manganês são divididas em duas etapas, sendo uma de lavra a céu aberto e a posterior de beneficiamento do minério lavrado.

A área da Floresta Nacional de Carajás é drenada pela bacia hidrográfica do Itacaiúnas, classificado como de 7ª ordem na hierarquia fluvial proposta por (STRAHLER 1952; in CHRISTOFOLETTI, 1981). Este, por sua vez, irá desaguar no Sistema Hidrográfico Araguaia - Tocantins. Na porção central da Floresta Nacional de Carajás, um grande divisor de água, representado por diversos segmentos de relevo de direção aproximada NW-SE divide a rede de drenagem em duas direções opostas: a oeste para o rio Itacaiúnas e a leste para o rio Parauapebas, seu principal afluente na área da Floresta Nacional de Carajás.

A rede hidrográfica é fortemente condicionada à estruturação tectônica do local, consistindo de padrão retangular a sub-retangular. Grande parte das drenagens ocorre em vales encaixados, num relevo marcado pela dissecação das rochas do Complexo Xingu, Super grupo Itacaiúnas e Grupo Rio Fresco.

As nascentes dos principais rios estão situadas nas encostas da Serra dos Carajás, subdividida em Serra Norte e Serra Sul, dentro dos limites da floresta.

Os principais rios que drenam para o Itacaiúnas são: ribeirão Águas Claras, igarapé Azul, igarapé Pernambuco e igarapé Sergipe. Para o rio Parauapebas drenam: igarapé Gelado, igarapé Jacaré, igarapé Taboca e igarapé Sossego.

A presença da rede de drenagem na Floresta Nacional de Carajás é condicionada principalmente pelo regime de chuvas ocorrente na região. Os canais de 1ª ordem, que, segundo a classificação de (STRAHLER, 1952; in CHRISTOFOLETTI, 1981) são aqueles sem tributários, estendendo-se desde a nascente até a confluência, e os de 2ª ordem, da confluência de dois canais de 1ª ordem. As drenagens de primeira ordem são geralmente intermitentes, ou seja, só possuem escoamento na estação chuvosa (novembro a abril), permanecendo secos no período de estiagem (junho a setembro).

A **Figura 1** representa a localização geral da área de estudo.



Figura 1- Localização geral da área de estudo.

Na área das minas de ferro, as drenagens abrangem parte das sub-bacias do igarapé Geladinho e igarapé Gelado (ambos afluentes do igarapé Cigano ou Mombuca), e igarapé Jacaré, todos pertencentes à bacia do rio Parauapebas. No igarapé Geladinho a área compreende toda a sub-bacia até a barragem do Geladinho, assim como no igarapé Gelado compreende os cursos d'água desde as nascentes até a barragem do Gelado. No igarapé Jacaré a área abrange parte de sua sub-bacia.

Na área foram individualizadas pequenas sub-bacias hidrográficas que têm suas cabeceiras nas partes elevadas dos platôs e que drenam para as sub-bacias do igarapé Gelado, Geladinho e Jacaré.

Na **Figura 2** apresentada a seguir, pode-se visualizar a situação dessas sub-bacias situadas nos platôs, onde se observa, com tonalidade mais clara, a típica vegetação de canga e vales vizinhos, com densa vegetação de floresta.



Figura 2- Sub-bacias situadas nos platôs da Mina de Ferro.

A ETE da mina está em operação desde 1987. O processo instalado nela (**Figura 3**) foi uma lagoa facultativa (**Figura 10**) com tratamento preliminar e primário na entrada do sistema (1 Caixa de Gordura (**Figura 4**), 1 Medidor de Vazão – Vertedor Thompson (**Figura 5**), 1 Caixa partidora de vazão (**Figura 6**) e 1 Sistema de Gradeamento (**Figura 7**) e Tratamento Secundário (1 Lagoa Facultativa (comprimento de 60m; largura de 40m; profundidade de 2,5m, tempo de detenção de 5 dias), (**Figura 8**)) e 1 Caixa de Descarga com Tubulação de Lançamento do Efluente Tratado na saída do sistema (**Figura 9**), com o objetivo de tratar os esgotos provenientes das atividades domésticas / sanitárias da área administrativa e do restaurante da Mina de N4 na faixa de através da rede de esgoto e por gravidade.



**Figura 3:** Ponto de Localização da ETE da Mina de N4 (2003).



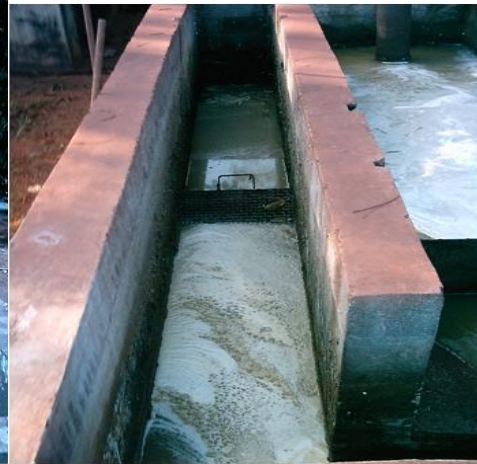
**Figura 4-** Caixa de gordura (2003).



**Figura 5-** Medidor de vazão (2003).



**Figura 6 –** Caixa partidora de vazão (2003).



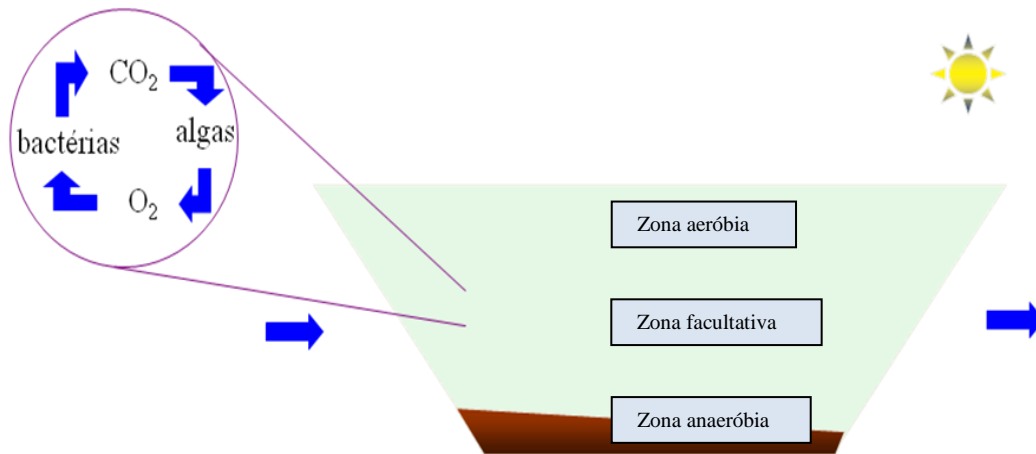
**Figura 7 –** Sistema de gradeamento (2003).



**Figura 8 –** Lagoa de estabilização (2003)



**Figura 9 –** Caixa de descarga (2003).



**Figura 10:** Lagoa facultativa – Fonte: Adaptado de VON SPERLING, 1996

Do período da sua instalação até o ano 2003, não existem muitas informações que pudessem ser utilizadas como apoio para as modificações que viriam a ser realizadas a partir de 2004. Neste período ocorreram diversas modificações no cenário brasileiro e mundial em relação às atividades geradoras de poluentes, como por exemplo, a RIO-92, elaboração de leis, normas e procedimentos para controle ambientais, um aumento de organizações não governamentais e cursos direcionados para as áreas ambientais.

## 5- EVOLUÇÃO DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE EFLUENTES

### 5.1. Início dos trabalhos (ano de 2004).

#### 5.1.1. Metodologia

Em 2004 por não haver muito dinheiro para iniciar as adequações do sistema de tratamento de esgoto, foram realizadas apenas algumas melhorias básicas com o apoio de livros e manuais de operação, em especial cinco livros, “Manual de Saneamento Ambiental para Municípios – Volume II”, “Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos”, “Princípios Básicos do Tratamento de Esgotos” e “Lagoas de Estabilização” do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – DESA da Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG e “Lagoas de Estabilização” da série manuais da Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – CETESB e também uma relação de melhorias para investimentos de 2005.

Neste ano a eficiência média em relação ao DBO era de apenas **39%**.

Algumas melhorias foram executadas em 2004, conforme o que se segue: Limpeza da caixa de gordura de entrada da ETE (**Figura 11**).



**Figura 11:** Caixa de gordura da ETE da Mina de N4 (2004).

Alteração da frequência de limpeza da caixa de gordura de semestral para mensal ou conforme necessidade operacional.

Contratação de uma empresa Ênfase Consultoria e Meio Ambiente especializada tecnicamente para executar as coletas de amostras de efluentes das ETE's para serem analisadas no laboratório da VALE.

Manutenção corretiva na tubulação de destinação das áreas geradoras para a ETE (Figura 12).



**Figura 12:** Tubulação de entrada da ETE da Mina de N4 (2004).

## 5.2. Levantamento de dados e informações (ano de 2005).

### 5.2.1. Metodologia

Em 2005 teve início o processo realmente de readequação da Estação de Tratamento de esgoto da Mina de N4 com uma solicitação de contratação de uma empresa especializada em Recursos Hídricos para realização de um trabalho em conjunto com a Vale. O objetivo do contrato foi de realizar um diagnóstico da situação de todos os processos de tratamento de esgoto biológico, incluindo as ETE's da Mina de N4, e do Núcleo Urbano de Carajás e todas as fossas sépticas do Complexo Minerador de Carajás e a elaboração de um projeto para melhorarmos a eficiência destes tratamentos.

Neste mesmo ano também foram realizadas algumas modificações e adequações na lagoa de estabilização da Mina de N4, além de uma solicitação de investimentos para o ano de 2006 e 2007, conforme o que se segue:

Substituição das comportas na saída da ETE da mina (**Figuras 13 e 14**).



**Figura 13** Antiga comporta da saída (2004).



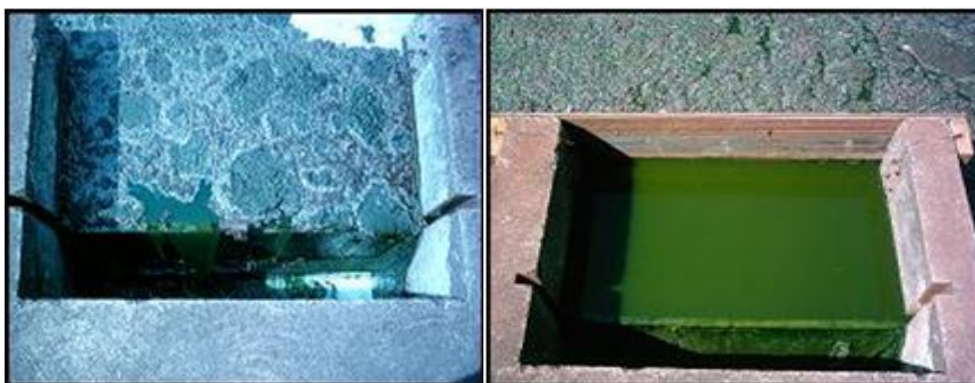
**Figura 14:** Nova comporta da saída (2004).

Contratação de um empregado para operar a ETE da Mina N4 no horário administrativo.

Realização da Poda das árvores, entorno da lagoa da ETE da Mina de N4, para evitar as sombras e aumentar a insolação na lagoa.

Alteração da frequência de limpeza do sobrenadante da lagoa de trimestral para quinzenal ou conforme necessidade operacional.

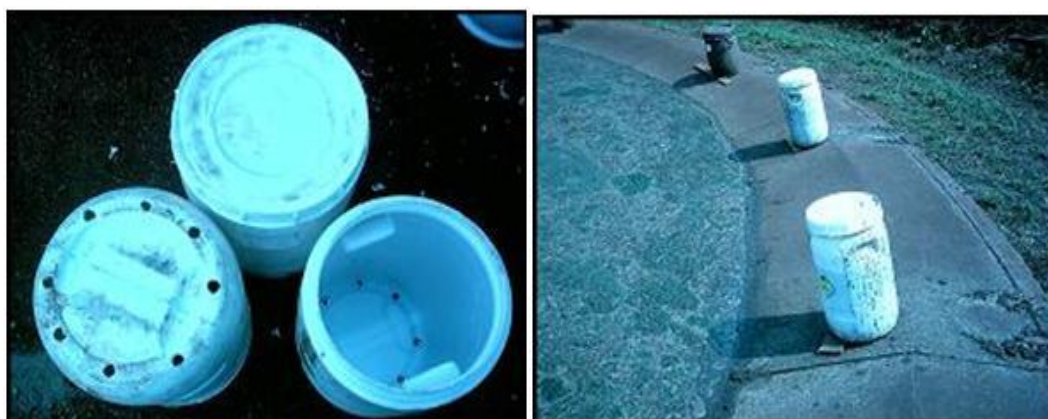
Instalação de laminas de água para retenção dos sólidos nas 2 comportas de saída da ETE da Mina de N4, para evitar o escape de sobrenadante para o meio ambiente (**Figuras 15 e 16**).



**Figura 15:** Saída sem as Laminas de água (2004).

**Figura 16:** Saída com as laminas de água (2004).

Colocação de coletores de resíduos para retirada do sobrenadante da ETE da Mina de N4 e posterior envio ao Aterro Sanitário da Vale em Carajás (Figuras 17 e 18).



**Figura 17:** Coletores de resíduos vazios (2004).

**Figura 18:** Coletores de resíduos com sobrenadantes (2004).

Aquisição de um aparelho para análise de águas (pH, condutividade, temperatura, salinidade, turbidez e oxigênio dissolvido) – HORIBA-U10, (Figura 19).



**Figura 19:** Analisador de água Horiba – U10 (2004).

Revisão geral em todos os procedimentos e planilhas de controle e elaboração de um cronograma de limpeza dos sobrenadantes, coletores de resíduos e caixa de dissipação.

Solicitação da caracterização do resíduo sólido do fundo da lagoa de estabilização conforme proposto na norma técnica NBR 10.004, na amostra Bruta, Extrato Lixiviado (NBR 10.005) e Extrato Solubilizado (NBR 10.006).

Realização do diagnóstico dos Sistemas de Tratamento de Esgoto realizado pela empresa TECMA – Tecnologia em Meio Ambiente com apoio da equipe de Recursos Hídricos da Vale, no qual foram verificados os seguintes pontos referentes à ETE da Mina de N4: áreas geradoras de efluentes biológicos, sistema de segregação da rede coletora dos efluentes biológicos, caixas de gordura do restaurante e da entrada da ETE, regime hidráulico e medidor de vazão, sistema de gradeamento, caixa de descarga, rede de lançamento do esgoto tratado, lagoa de estabilização, resíduos sólidos, material sobrenadante, caracterização do afluente (esgoto bruto) e do efluente (esgoto tratado) da lagoa de estabilização, cálculos da vazão horária e diária da ETE da Mina de N4, operação e manutenção do sistema operacional e monitoramento do operacional ou analítico.

### **5.2.2. Resultados e discussões**

A eficiência média em relação ao DBO foi de **52%**, ocasionando assim um leve aumento de **13%** em relação a 2004.

O diagnóstico entregue pela TECMA no final do ano demonstrou a fragilidade do sistema atrás das altas concentrações registradas nos parâmetros dos efluentes tratados bem como a baixa eficiência do tratamento.

Conforme Marcos Von Sperling, (Princípios Básicos do Tratamento de Esgotos, 2007), a eficiência para as ETE's que utilizam lagoas de estabilização (**Figura 20**) variam entre 75 a 85% em relação ao DBO (**Tabela 1**), valores estes inferiores ao limite estabelecido em projeto e requerido pelo ICMBio que é de 90%:

**Tabela 1:** Eficiências típicas de diversos sistemas na remoção de DBO (Fonte: Adaptado de VON SPERLING, 2007).

<b>Tipo de Tratamento</b>	<b>Sistema de Tratamento</b>	<b>Eficiência na remoção de DBO (%)</b>
Primário	Tratamento primário	25 – 40
<b><u>Lagoas de Estabilização</u></b>	<b><u>Lagoa facultativa</u></b>	<b><u>75 – 85</u></b>
	Lagoa anaeróbia - Lagoa facultativa	75 – 85
	Lagoa aerada facultativa	75 – 85
	Lagoa aerada de mistura completa – Lagoa de decantação	75 – 85
	Lagoa + Lagoa de maturação	75 – 85
	Lagoa + Lagoa de alta taxa	75 – 85
	Lagoa + Remoção de algas	80 – 90
Lodos	Lodos ativados convencional	85 – 93
Ativados	Aeração prolongada	93 - 97
	Lodos ativados convencional com remoção biológica de N	85 – 93
	Lodos ativados convencional com remoção biológica de N/P	85 – 93
	Lodos ativados + filtração terciária	95 – 98
Reatores	Filtro biológico percolado (baixa carga)	85 – 93
Aeróbios com	Filtro biológico percolado (alta carga)	80 – 90
Biofilmes	Biodisco	85 – 93
	Biofiltro aerado submerso	85 – 93
	Biofiltro aerado submerso com remoção biológica de N	85 – 93
	Reator com biofilme + filtração terciária	95 – 98
Reatores	Reator anaeróbio de manta de lodo (reator EASB)	60 – 80
Anaeróbios	Fossa séptica – filtro anaeróbio	70 – 90
	Reator anaeróbio de manta de lodo + pós-tratamento	Variável (*)
Disposição	Infiltração lenta no solo	**
Controlada	Infiltração rápida no solo	**
no Solo	Escoamento superficial no solo	80 – 90
	Banhos artificiais	80 – 90

(\*)Reator UASB + pós-tratamento: praticamente todos os processos listados acima podem ser utilizados como pós tratamento. A eficiência global (Reator UASB + pós-tratamento) é similar à do processo selecionado para o pós tratamento, caso este estivesse tratando esgotos brutos. Por exemplo, a eficiência do sistema de lodos ativados tratando esgotos brutos é similar à do sistema UASB + lodos ativados.

(\*\*) Os processos de infiltração no solo não geram efluentes superficiais, já que o mesmo infiltra-se no terreno. Medições no subsolo, próximas ao local de infiltração, usualmente indicam eficiências superiores a 90%. Das variantes de infiltração, a mais eficiente é a infiltração lenta.



**Figura 20:** Lagoa de Estabilização – ETE Mina N4 (2005).

Além dos problemas observados nos componentes dos sistemas, os procedimentos operacionais estão desatualizados e deverão ser revisados, com o objetivo de padronizar das atividades.

### 5.3. Definições e investimentos (ano de 2006).

#### 5.3.1. Metodologia

Em janeiro de 2006 a empresa Ênfase Consultoria em Meio Ambiente Ltda encaminhou para à VALE o relatório da caracterização do resíduo sólido do fundo da lagoa de estabilização da ETE da Mina de N4 e a empresa TECMA o relatório da caracterização dos esgotos brutos, dos efluentes tratados e do corpo receptor.

As melhorias realizadas neste ano foram realizadas como o apoio técnico da TECMA conforme o que se segue.

Instalação de medidores de vazão na entrada e na saída da ETE da Mina de N4 para acompanhar o volume de efluente tratado, (**Figuras 21 e 22**).



**Figura 21:** Medidor de vazão - entrada (2006)



**Figura 22:** Medidor de vazão - saída (2006).

Limpeza geral (gordura, resíduos e areia) na caixa de gordura do restaurante e da entrada da ETE da Mina de N4.

Alteração novamente da frequência de limpeza da caixa de gordura de mensal para semanal ou conforme necessidade operacional.

Revisão da avaliação dos aspectos e impactos ambientais, (**Anexo A**).

Construção de caixa de dissipação e da escada de aeração na saída da ETE da Mina com o objetivo de aumentar a aeração do efluente, (**Figura 23**).



Figura 23: Escada de aeração da saída da ETE da mina de N4 (2006).

### **5.3.2. Resultados e discussões**

As melhorias realizadas com o apoio da TECMA, fizeram com que a eficiência média em relação ao DBO aumentasse para **77%**, enquadrando assim na faixa de eficiência de remoção de DBO conforme **Tabela 1**. Este aumento significou um ganho de **25%** em relação a 2005 e **38%** em relação a 2004. Este aumento na eficiência se deve as intervenções realizadas no recebimento de óleos vegetais e gorduras na entrada da ETE da Mina N4.

Os resultados analíticos (**Anexo B**) realizados no laboratório físico-químico da empresa TECMA das amostras coletadas na ETE da Mina N4, demonstraram que o esgoto bruto apresenta elevada carga orgânica além de conterem resíduos presentes no esgoto bruto decorrentes do carreamento de restos de comida, elevando mais ainda a carga orgânica, fazendo com que as características físico-químicas do efluente final não apresentassem boa qualidade, com resultados elevados em praticamente todos os parâmetros monitorados, tais como: DBO, DQO, nutrientes, detergentes e óleos e graxas.

Após a caracterização dos esgotos brutos, dos efluentes tratados e do corpo receptor, a TECMA apresentou um novo sistema de tratamento de efluentes biológicos e do lodo constituído pelas seguintes etapas de tratamento: Preliminar: Gradeamento, Primário: Tanque Imhoff, Secundário: Lagoa Aerada e Lagoa de Sedimentação e Terciário: Zona de Raízes e Aeração em Escadaria.

Para desidratação e condicionamento do lodo serão instaladas unidades geotubos de contenção e de filtragem.

Em seguida serão apresentadas, resumidamente, as características desse projeto executivo conforme descrição realizada pela TECMA.

O efluente deverá passar pelas etapas de tratamento, de acordo com a Planta de Fluxograma de Processo, apresentada no **ANEXO D**.

O tratamento na estação inicia com a passagem do esgoto bruto pelo Tanque Imhoff visando a remoção dos sólidos em suspensão sedimentáveis, materiais flutuantes, além do residual de gorduras.

No Tanque Imhoff, o efluente será escoado para a zona de decantação destinada a permitir que os sólidos sedimentem e sejam encaminhados imediatamente por meio de uma fenda para a zona de digestão.

O esgoto será escoado por tubulação aérea para a Caixa de Retenção de Sólidos que terá além do medidor Thompson um medidor/totalizador de vazão automático ultra-sônico.

O material retido deverá ser removido através da limpeza manual. O esgoto será conduzido por gravidade para o sistema de lagoas.

A Lagoa Facultativa existente deverá ser compartimentada no sentido do comprimento, através da construção de 2 paredes de concreto, dividindo a mesma em 3 células, com processos unitários distintos.

A primeira célula, corresponderá a Lagoa Aerada mecanicamente, onde serão instalados 6 aeradores de alta rotação de 3 HP, cada, permitindo a aeração e a homogeneização do meio líquido para a biodegradação da matéria orgânica a altas taxas.

Conseqüentemente haverá uma maior geração de sólidos sedimentáveis que deverão ser retidos na célula posterior, denominada Lagoa de Sedimentação. O efluente ao passar pela Lagoa de Sedimentação já estará clarificado e poderá ser encaminhado para tratamento terciário no processo denominado Zona de Raízes, também conhecido como Terras Úmidas Construídas.

A Zona de Raízes é um sistema projetado, utilizando plantas aquáticas em substrato onde, de forma natural e sob condições ambientais adequadas ocorre à formação de biofilmes, que agregam uma população variada de microrganismos. Este processo possui capacidade de tratar o esgoto sanitário,

por meio de processos biológicos, químicos e físicos, onde ocorrerá a fase de polimento do efluente, com redução da matéria orgânica residual, sólidos em suspensão, nutrientes, decaimento de coliformes e remoção de patogênicos.

O efluente final tratado será conduzido para a Caixa de Descarga, localizada fora da área da ETE, do outro lado do acesso principal, já na encosta.

O efluente final sofrerá uma aeração por gravidade ao passar por escadaria e, através de um emissário, lança o efluente tratado para escoamento superficial em terreno de encosta, revestido de vegetação.

A ETE da Mina passará a promover o gerenciamento do lodo acumulado na lagoa facultativa desde a implantação da estação, e aqueles a serem gerados na Lagoa de Sedimentação e no Tanque Imhoff.

Para desidratação e condicionamento dos lodos, retirados por bombeamento a partir de balsa, deverão ser instaladas unidades de geotubos de contenção e filtragem que, com auxílio da aplicação de polieletrólito permitem a retenção dos sólidos do lodo, formando tortas de lodo seco.

O clarificado filtrado poderá retornar para a Lagoa Aerada. Depois da retirada do lodo, os geotubos serão removidos e o lodo seco será encaminhado para unidade de compostagem, podendo ser utilizada para reflorestamento.

As operações e processos unitários foram definidos a partir da avaliação dos componentes do sistema existente, das características dos afluentes e efluentes e das eficiências requeridas para a manutenção da qualidade das águas do corpo receptor. As fases de aeração mecanizada, sedimentação e percolação dos efluentes se mostraram necessárias para atendimento aos padrões de lançamento exigidos pelo Artigo 34, da Resolução CONAMA nº. 357/2005, bem como exigência do IBAMA.

Esta proposta após ser avaliada pela equipe da Vale (Engenharia, Meio Ambiente e Área de Serviços), foi considerada viável do ponto de vista ambiental, mas em relação aos custos (não pode ser apresentado) de implementação do novo processo e ao tempo gasto para realização de toda esta modificação no processo de tratamento, (aproximadamente 12 meses), a equipe optou por verificar um sistema que pudesse ser implementado em menos tempo e com menor custo.

No relatório da empresa Ênfase Consultoria em Meio Ambiente Ltda, o

resíduo sólido apresentou concentrações de manganês, chumbo, ferro, fenóis, mercúrio, alumínio e surfactantes fora das permitidas para solubilização conforme NBR10004. Apesar destes parâmetros, **Tabela 2 - ensaio de Solubilização**, estarem acima dos padrões, o resíduo foi classificado como Classe II A - Resíduo Não Inerte, podendo assim ser disposto em locais e/ou áreas liberadas para disposição de resíduos Classe II A - Resíduo Não Inerte.

**Tabela 02:** Ensaio de Solubilização do resíduo sólido do fundo da lagoa de estabilização da ETE da Mina de N4

<b>Parâmetros</b>	<b>Unidades</b>	<b>Valores máximos</b>	<b>Resultados</b>
<b>Analizados</b>		<b>permitidos</b>	
Manganês	mg/L Mn	0,10	0,64
Chumbo	mg/L Pb	0,01	0,02
Ferro	mg/L Fe	0,30	5,97
Fenóis	mg/L C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH	0,01	0,73
Mercúrio	mg/L Hg	0,001	0,004
Alumínio	mg/L Al	0,2	0,71
Surfactantes	mg/L LAS	0,5	2,25

## 5.4. Adequações e substituições (ano de 2007).

### 5.4.1. Metodologia

Com a decisão de não implantar o sistema de tratamento de esgoto sugerido pela TECMA, a solução encontrada foi a implantação de uma ETE compacta, na qual o dispositivo de tratamento biológico, apresenta uma elevada eficiência no tratamento de efluentes domésticos, atendendo às principais normas técnicas vigentes. O projeto desse sistema foi totalmente desenvolvido com a utilização de um software gráfico -CAD - (Computer Aided Design) e a eficiência da mesma, para cada caso específico, é avaliada pela aplicação de um simulador - BIO WIN - visando à otimização de projetos e operação de unidades de tratamento de efluentes biológicos.

Em seguida é apresentada, resumidamente, as características desse sistema de tratamento de esgoto conforme descrição realizada pela Fundação Bio Rio.

O esgoto proveniente da caixa de gordura, gradeamento e caixa de areia é destinado a tanque anóxico, que recebe também retorno do excesso de lodo dos reatores aeróbios 1 e 2.

A ante-câmara anóxica é provida de misturador, e sua finalidade é proteger os reatores aeróbios 1 e 2 de choque de vazão e carga orgânica, removendo o excesso de DBO solúvel.

Cada reator aeróbio transforma a matéria orgânica remanescente em  $\text{CO}_2$  + água, com eficiência superior a 90%.

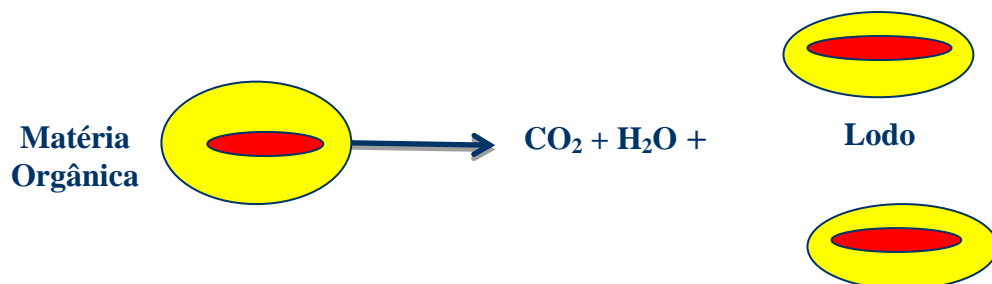
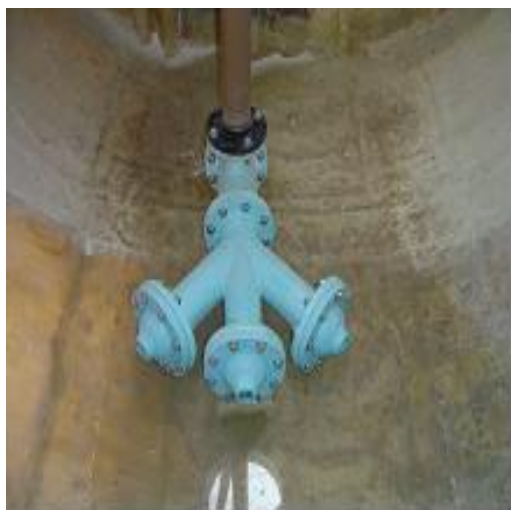


Figura 24: O crescimento celular realiza-se na presença de Oxigênio Livre.

Cada um dos reatores é provido de sistema de aeração do tipo JET (Figura 25) e decantador lamelar (Figura 26):



**Figura 25:** Sistema de aeração da ETE compacta (2007).



**Figura 26:** Decantador lamelar do sistema da ETE compacta (2007).

O excesso de lodo produzido é encaminhado para o sistema de condicionamento de lodo (Figura 27), sendo que parte deste lodo retorna ao tanque anóxico (Figura 28), de modo a aumentar a eficiência do processo.



**Figura 27:** Tratamento do lodo do sistema da ETE compacta (2007).



**Figura 28:** Tanque Anóxico do sistema da ETE compacta (2007).

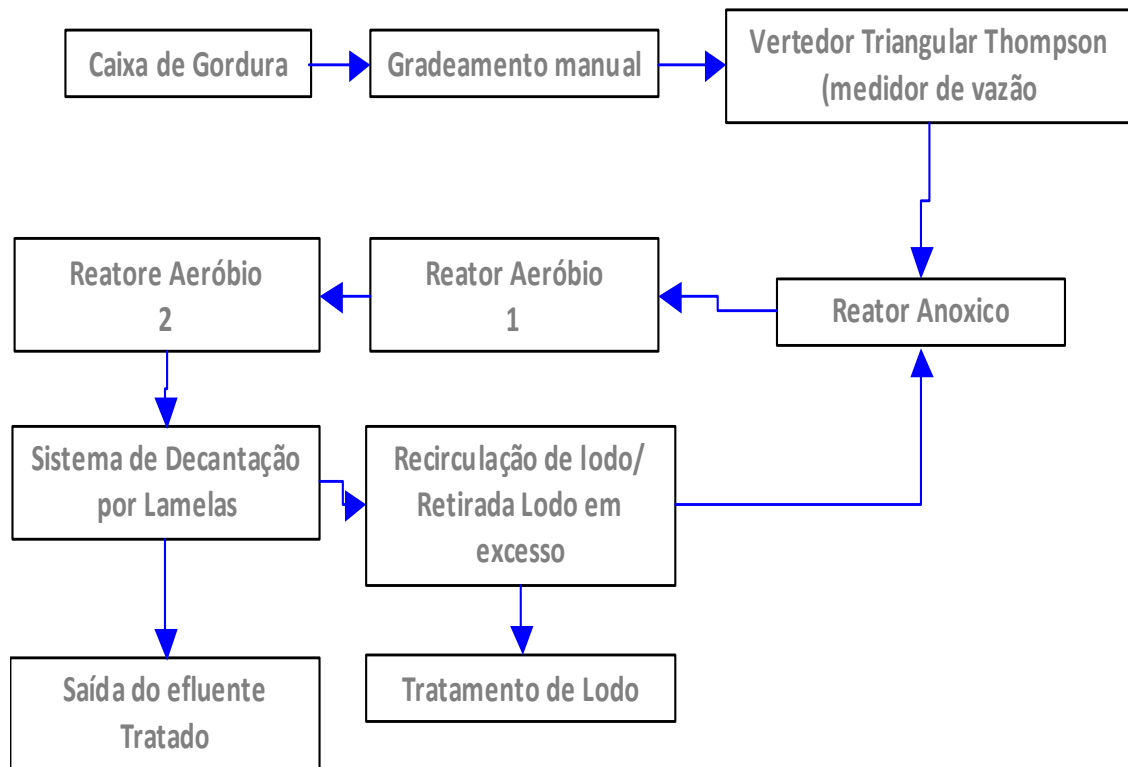
Dentro do tanque são lançados discos plásticos (Figura 29) de ordem de 10% de volume, de modo a permitir crescimento fixo e em suspensão, de maneira instantânea.



**Figura 29:** Discos plásticos inseridos dentro dos reatores de aeração (2007).

O lodo destinado ao condicionador é misturado com solução de água e cal ou soda cáustica, de modo a aumentar o pH para a faixa de 12, formando biosólidos classe B. A operação do sistema de biosólidos é aproximadamente quinzenal.

O sistema proposto apresenta diversas vantagens sobre a existente, como por exemplo: Construção modular em fibra de vidro possibilitando ampliação, operação automática, ausência de odores, ruídos, vetores, aerossóis e sistema aeróbio de alta eficiência e baixo custo de energia;



**Figura 30:** Fluxograma do processo instalado na Mina de N4 (2007).

Antes da instalação do novo sistema, foi testada a utilização de

Biobactérias para redução do DBO nas caixas de gordura do refeitório e na entrada da ETE da Mina de N4 e de algumas fossas sépticas instaladas na Mina de N4 durante o período de 03 meses.

Estas bactérias possuem uma enorme capacidade de degradação de resíduos orgânicos na forma líquida. Ele apresenta microorganismos benéficos para digerir resíduos, DBO/ DQO , reduzir odores, remediação de resíduos industriais, Petroquímicos, lagoas agrícolas, Estações de Tratamento, (ETE) restauração de lagos, e outros sistemas de tratamento de resíduos de efluentes. A seguir seguem os benefícios do uso das Biobactérias para o tratamento de esgoto: resolve problemas difíceis no tratamento de efluentes quando incorporado no programa de manutenção regular, reduz significativamente odores, reduz sulfetos de hidrogênio que causam odores desagradáveis, incrementa a eficiência na remoção de DBO e DQO, reduz a quantidade de sólidos no tratamento, digere resíduos orgânicos sólidos, reduz a quantidade de pigmentos e tinturas orgânicas em efluentes industriais têxteis, degrada hidrocarbonetos, compostos aromáticos clorinados, e solventes clorinados em CO<sub>2</sub> e água, estende a capacidade das estações, ajuda a estabilizar ou incrementar a eficiência de nitrificação, acelera a recuperação de choques de carga orgânica ou tóxica, incrementa as operações em temperaturas baixas e acelera a inicialização de operações em estações novas.

Os testes realizados com as Biobactérias não foram satisfatórios em nenhum dos pontos. O que fez com que esta opção fosse descartada.

Em junho e agosto de 2007 ocorreu o *start-up* do processo de tratamento de esgotos da ETE da Mina N4 através de sistema de lodos ativados.

Para que a ETE compacta da mina de N4 instalada pela Fundação Bio Rio tenha um bom desempenho no processo de remoção da carga orgânica, que garanta o atendimento aos limites máximos para lançamento em relação os parâmetros que podem impactar os corpos hídricos receptores, o sistema foi operado em conjunto com uma empresa especializada em sistemas de tratamento de esgotos automatizados dando suporte e capacitando a equipe operacional responsável pelos sistemas já instalados, além da realização de novas adequações e melhorias no ano de 2008, conforme o que se segue:

Instalação de duas novas caixas de gordura na entrada da ETE da Mina

de N4 com capacidades de 6m<sup>3</sup> e 10m<sup>3</sup> respectivamente, para reduzir a carga orgânica e principalmente óleos vegetais no novo processo de tratamento (**Figuras 31 e 32**):



**Figura 31:** Caixa de gordura de concreto (2007).



**Figura 32:** Caixa de gordura metálica (2007).

Instalação de uma nova caixa de gordura no refeitório da Mina N4.

A empresa Ênfase Consultoria e Meio Ambiente, responsável pela coleta de amostras de efluentes das ETE's de Carajás assumiu também a execução das análises laboratoriais destes efluentes, seguindo um plano de monitoramento elaborado em conjunto a VALE, conforme o **Anexo C** (Plano de monitoramento da ETE da Mina de N4).

#### **5.4.2. Resultados e discussões**

Apesar do sistema de tratamento através de lodos ativados ser amplamente utilizado, para o tratamento de despejos domésticos e industriais, em situações em que são necessários elevados índices de qualidade do efluente, ainda não foi atingido um índice de desempenho conforme objetivado no projeto, pelo contrario, houve foi uma diminuição da eficiência média anual de **77%** (ano de 2006) para **54%**. No entanto, essa dificuldade se dá em função do sistema de lodos ativados requerer uma maior mecanização, principalmente quando comparado com o sistema de lagoas, o que implica em uma necessidade operacional mais especializada.

Com a instalação das novas caixas de gordura na entrada da ETE da Mina de N4 e na saída do refeitório da Mina de N4, a partir de outubro de 2007, houve uma redução da carga orgânica na entrada e na saída do tratamento, em média de aproximadamente **70%**, em relação aos meses anteriores,

conforme Tabela 3 “ DBO de entrada na ETE Mina N4”:

**Tabela 3:** DBO de entrada na ETE Mina N4

Entrada DBO - Caixa de Gordura - 2007

Unidades	1 trimestre	2 trimestre	3 trimestre	4 trimestre
DBO mg/L O2	1770,0	1000,0	1300,0	390,0
Redução (%)	NA	43,0	30,0	70,0

Unidades	Média dos 3 trimestres	4 trimestre
DBO mg/L O2	1356,0	390,0
Redução (%)	<b>71,3</b>	

## 5.5. Acompanhamento e novas alternativas (ano de 2008).

### 5.5.1. Metodologia

Com a instalação do novo sistema no ano anterior, não foi realizada uma previsão de investimento alta para continuar as adequações e melhorias em 2008. Com isto não houve muitas modificações no primeiro semestre de 2008. As ações tomadas neste período foram às elaborações de especificações técnicas para contratação de 03 serviços técnicos com o objetivo de adequar o novo sistema, conforme o que se segue:

Diagnóstico dos Sistemas de Tratamento de Esgotos Sanitários do Núcleo Urbano de Carajás e da Mina de Ferro N4E (julho/2008).

Prestação de serviços de manutenção preventiva e corretiva para os equipamentos elétricos e tubulações dos sistemas de tratamento (outubro/2008).

Prestação dos serviços técnicos especializados de operação e manutenção de Estação de Tratamento de Esgoto em Carajás, município de Parauapebas, estado do Pará, garantindo a eficiência de projeto de 92% (noventa e dois por cento) durante a vigência do contrato (outubro/2008).

Outro ponto de dificuldade de operacionalização do novo sistema de tratamento de esgoto foi o tratamento de lodo gerado na ETE da Mina N4.

Para realizar a desidratação do lodo gerado na ETE da Mina de N4 foi instalada uma centrífuga de lodo (**Figura 33**) na ETE do Núcleo Urbano, para atender as duas ETE's.



**Figura 33:** Centrífuga de lodo das ETE's de Carajás sugerido pela Fundação Bio Rio (2008).

### **5.5.2. Resultados e discussões**

No início de 2008 a ETE da Mina de N4 apresentou uma queda na eficiência no tratamento do esgoto biológico.

O resultado do diagnóstico foi apresentado em setembro, onde foi comprovada a ineficiência do novo sistema de tratamento para o do esgoto da ETE da Mina de N4. Os principais motivos foram, a falta de manutenção dos equipamentos como bombas, aerodores e painéis elétricos, baixo tempo de residência do esgoto dentro dos tanques e subdimensionamento do sistema, além do mesmo ser totalmente sensível a qualquer tipo e quantidade de gordura vegetal e/ou mineral.

Com as manutenções corretivas realizadas a eficiência média nos 3 primeiros trimestres que era de +/- 50% aumentou no último trimestre para 70%. Este valor até então seria o máximo que o novo sistema poderia atingir trabalhando em plena operação dos seus equipamentos.

Com este cenário a equipe da Vale (Engenharia, Meio Ambiente e Área de Serviços) tomou a decisão de instalar um sistema de polimento para continuar o tratamento do esgoto da ETE da Mina N4 após a saída do sistema de lodo ativado logo no início do ano de 2009.

Já no caso da desidratação do lodo, após várias tentativas em loco com a equipe técnica fornecedora da centrifuga de lodo, não se conseguiu um bom resultado na desidratação do mesmo com uso de polímero. Amostras do lodo foram enviadas para São Paulo para testes com os polímeros indicados pelo fornecedor da centrifuga. O resultado também não foi satisfatório. Com isto o lodo retirado do processo de tratamento da ETE da Mina N4 continuou a ser enviado para a lagoa anaeróbia 2 da ETE do Núcleo Urbano de Carajás. Esta lagoa recebe durante o dia apenas os efluentes de fossas sépticas, caixas de gordura e o lodo das ETE's da Mina N4 e do Núcleo (**Figura 34**), e no período da noite recebe juntamente com a lagoa anaeróbia 1, os esgotos sanitários provenientes das residências e comércios do Núcleo.



**Figura 34:** Estação de Tratamento de Esgoto (Lagoas de Estabilização) do Núcleo Urbano de Carajás (2008).

## 5.6. Readequações e evolução no tratamento (Ano de 2009)

### 5.6.1. Metodologia

Em 2009 houve a aquisição de uma nova ETE compacta anaeróbia, para polimento do efluente parcialmente tratado da ETE Mina N4 pelo sistema de lodo ativado, uma vez que este último não atendeu a eficiência de 90% na redução do DBO.

Esta nova ETE compacta foi fornecida pela empresa Biofibra. O sistema compacto de tratamento de esgoto destinado a dar polimento ao sistema existente, para tratar os efluentes oriundos da Mina de N4 em especial o do refeitório de N4 é realizado da seguinte forma conforme descrição da Biofibra e **figura 35**:

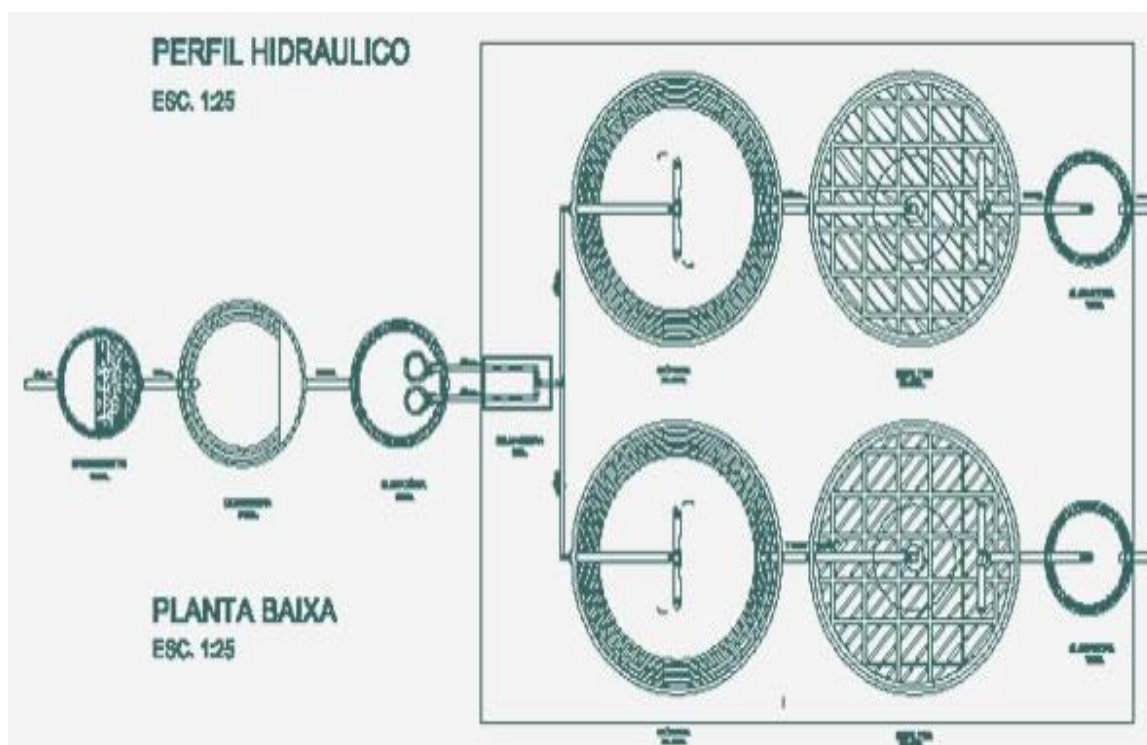


Figura 35: Fluxograma do processo de polimento instalado na Mina N4 (2009).

Os efluentes após passarem pelo sistema de tratamento já existente são encaminhados à estação elevatória (**Figura 36**), que por sua vez encaminha o efluente à caixa medidora e controladora e distribuidora de vazão (**Figura 37**). Caixa essa que tem a função de estabilizar, controlar e distribuir igualmente a cada reator os efluentes que entram no sistema, eliminando as vazões de pico. Através de dispositivo próprio, a vazão excedente fica recirculando, até que

passa a vazão de pico, onde as variações criam assim uma estabilidade na vazão o que implica em maior eficiência, pois, nos sistemas de tratamento de esgoto compactos com poucas horas de detenção, tendem a ser mais sensíveis, podendo vir a ocorrer o arraste e perda da biomassa do sistema conforme Marcos Von Sperling, (Princípios Básicos do Tratamento de Esgotos, 2007).



**Figura 36:** Estação elevatória da ETE de polimento (2009).



**Figura 37:** Caixa de controle de vazão da ETE de polimento (2009).

Na passagem dos efluentes pelos Reatores Anaeróbios de Fluxo Ascendente e Manta Ativada - RAMA, (dois reatores), é esperada uma remoção nominal de cerca de 70% da DBO. Nos RAMA's, os efluentes são dirigidos diretamente ao fundo do mesmo, de forma a criar uma distribuição

uniforme, através de movimento circular, promovendo assim uma maior distribuição na área de sessão circular, eliminando com isso a existência de zonas mortas, o que tem como consequência maior eficiência no tratamento.

O fluxo é também forçado no sentido inverso das partículas sólidas, ou seja, os sólidos tentando descer e o líquido tentando subir. Dessa forma, o “alimento” é distribuído de forma homogênea para todo campo biológico, através da passagem forçada do esgoto pela manta de lodo (biomassa de alta concentração), garantindo maior eficiência na digestão anaeróbia, além dos sólidos sedimentáveis serem retidos no interior do reator, pois a velocidade ascendente do fluxo é sempre inferior à velocidade de precipitação das partículas em suspensão, devido a essa característica, além da grande digestividade dos sólidos dissolvidos, obtém-se também, a remoção destes.

A seguir os efluentes, já com sua carga orgânica bastante reduzida, passam para os Filtros Anaeróbios de Fluxo Ascendente e Leito Fixo composto por Biorrings, (dois filtros) onde o tratamento se processa em duas fases:

Na primeira recebe o efluente parcialmente tratado pelos RAMA's, e força novamente a passagem do esgoto, em fluxo ascendente, por uma manta de lodo, onde ocorre a formação de grânulos ou flocos.

Na segunda fase do processo, a passagem do fluxo é realizado pelo leito fixo, Biorrings (eletrodutos corrugados). Esse leito fixo serve de suporte, onde há a formação de Zooglías (colônias anaeróbias gelatinosas) que também promovem digestão da matéria orgânica dissolvida remanescente, complementando o tratamento iniciado nos reatores e aumentando consideravelmente a eficiência do Sistema.

Os filtros anaeróbios (**Figura 38**) são equipamentos destinados a dar polimento ao tratamento iniciado nos reatores anaeróbios.



**Figura 38:** Filtros anaeróbios da ETE de polimento (2009).



**Figura 39:** ETE de polimento (2009).

Após a passagem dos efluentes pelo filtro anaeróbio de leito fixo e fluxo ascendente (como tratamento complementar do reator anaeróbio), é esperada uma redução da DBO dos efluentes no sistema de polimento (**Figura 39**) em torno de 80%.

Em seguida os efluentes passam novamente por uma caixa de inspeção e coleta de amostras (**Figura 40**), de onde são recolhidas as amostras para exame de laboratório e dessa para o meio ambiente.



**Figura 40:** Saída do efluente tratado da ETE da Mina de N4 (2009).

O sistema entrou em operação no mês de março e com o objetivo de agilizar o processo de tratamento de esgoto, foi realizada uma inoculação na ETE de polimento utilizando efluentes biológicos de outros sistemas de tratamento de esgoto anaeróbios já instalados na Mina de N4 que apresentavam e/ou possuíam uma colônia de bactérias já desenvolvidas.

Os monitoramentos de rotina executados pela empresa Ênfase Consultoria e Meio Ambiente passaram de quinzenal para semanal, conforme **Tabela 4**, parâmetros e frequência dos monitoramentos realizados pela ênfase na ETE da Mina de N4:

**Tabela 4:** Parâmetros e Frequência de Monitoramento da ETE da Mina de N4 atualizada (2009).

Parâmetro	Ponto 01	Ponto 02
Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO	Semanal	Semanal
Demanda Química de Oxigênio - DQO	Semanal	Semanal
Óleos e Graxas minerais	Semanal	Semanal
Óleos Vegetais e Gorduras animais	Semanal	Semanal
Detergentes (LAS)	Semanal	Semanal
pH	Semanal	Semanal
Nitrogênio amoniacal total	Semanal	Semanal
Fósforo Total	Semanal	Semanal
Materiais Sedimentáveis	Semanal	Semanal
Coliformes Termotolerantes	Semanal	Semanal
Temperatura	Semanal	Semanal

### **5.6.2. Resultados e discussões**

No mês de abril, houve uma melhora na eficiência de **70%** para **81%** e em maio a eficiência média chegou a **89, 3%**, sendo que dos **03** monitoramentos realizados os **02** últimos, superaram **90%** (**92,6%** e **94%**).

Com estes resultados a VALE alcançou a eficiência do tratamento de esgoto da ETE Mina N4, que foi estabelecida pelo IBAMA (atual ICMBio) de **90%** em relação ao **DBO**.

Seguem tabelas e gráficos mostrando a evolução dos sistemas de tratamento instalados na ETE da Mina de N4 no período de 2004 à 2009.

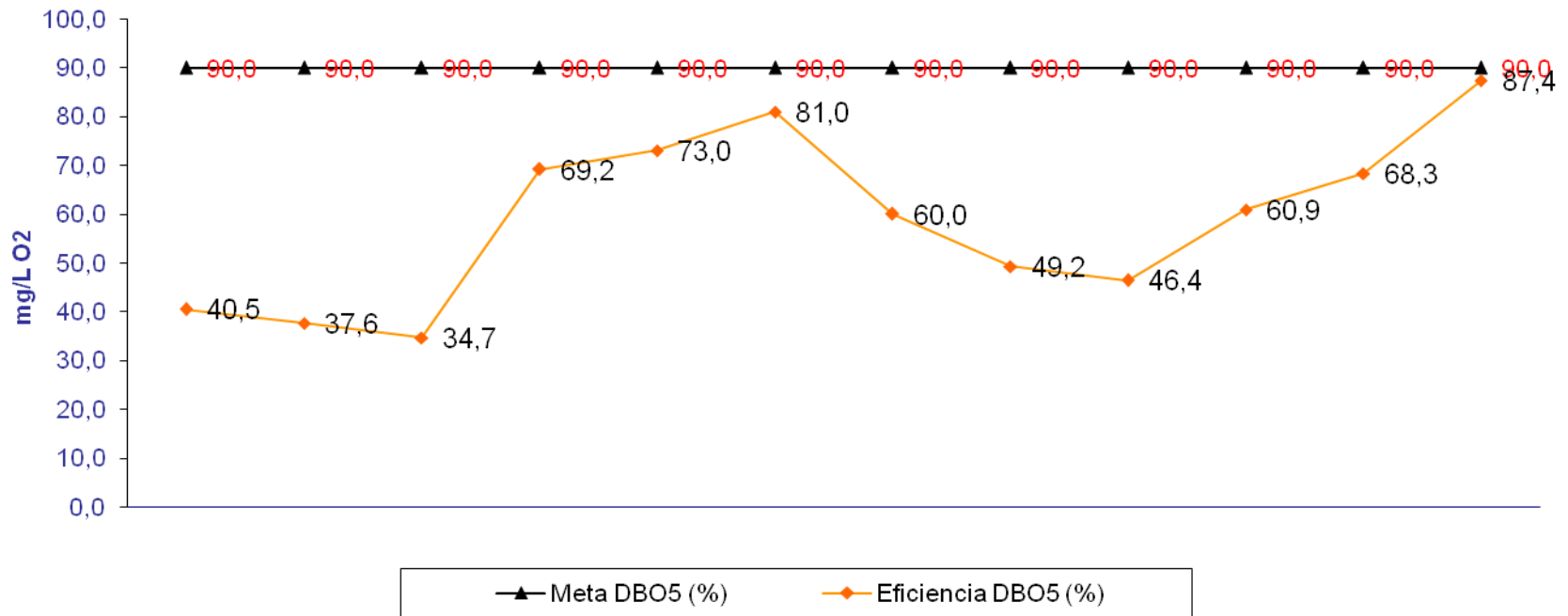
Evolução da eficiência em relação ao DBO da ETE da Mina de N4 no período de 2004 à 2009 (semestral), **Tabela 5 e Gráfico 1**;

Evolução da eficiência em relação ao DBO da ETE da Mina de N4 no ano de 2009 por sistemas de tratamento **Tabela 6 e Gráfico 2** e

Evolução da eficiência em relação ao DBO da ETE da Mina de N4 no período de 2004 à 2009 (semestral) **Tabela 7**.

**Tabela 5:** Evolução da eficiência em relação ao DBO da ETE da Mina de N4  
no período de 2004 à 2009 (semestral).

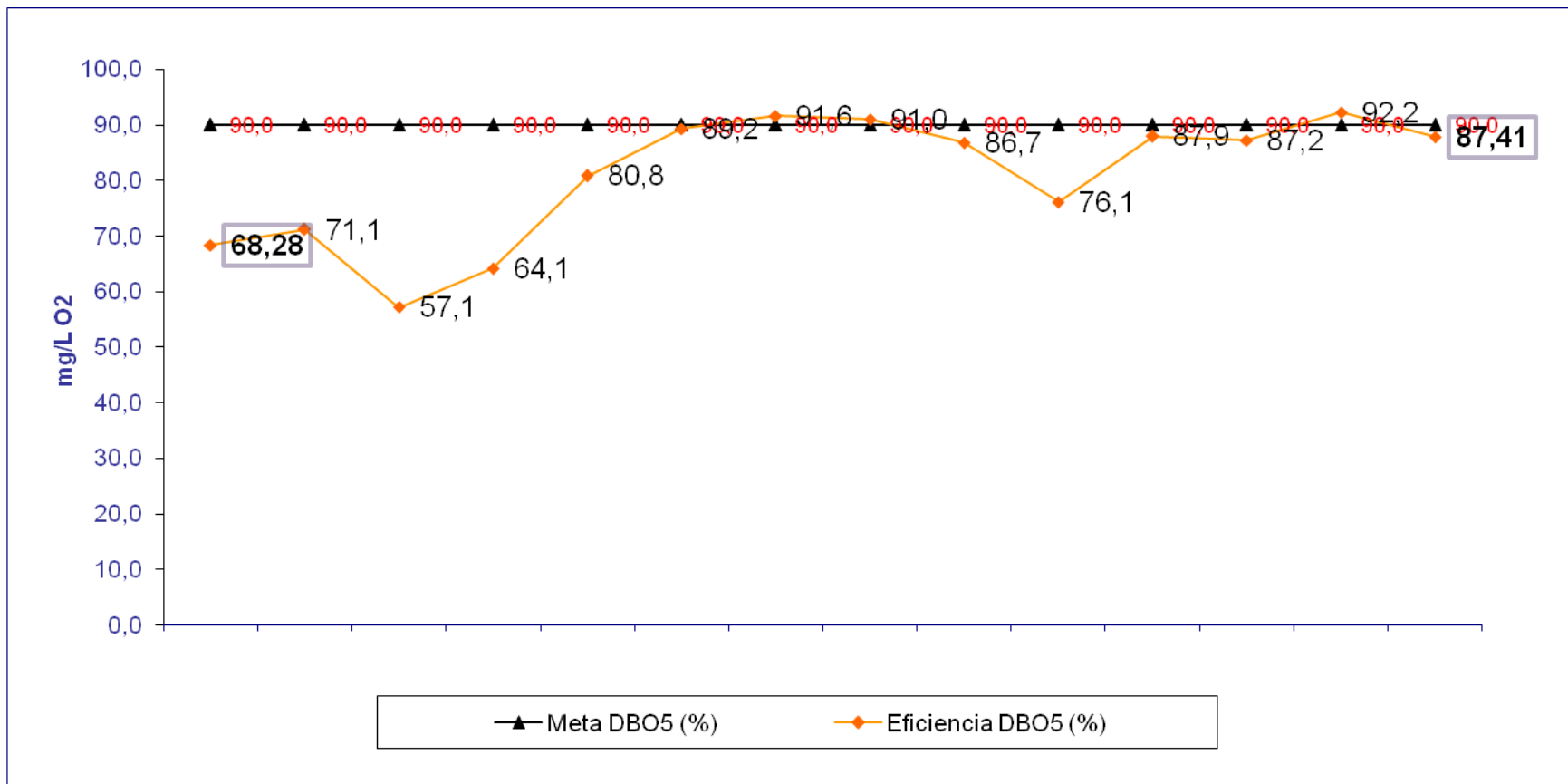
ANO	2004		2005		2006		2007		2008		2009		Resultados globais		
	1 sem	2 sem	1 sem	2 sem	1 sem	2 sem	1 sem	2 sem	1 sem	2 sem	Bio Rio até 15-04-09	Bio Rio + BIOFIBRA	Média dos 05 anos	Menor valor 2009	Maior valor 2009
<b>Eficiência DBO5 (%)</b>	40,5	37,6	34,7	69,2	73,0	81,0	60,0	49,2	46,4	60,9	68,3	87,4	59,0	34,8	94,5
<b>Meta DBO5 (%)</b>	90,0	90,0	90,0	90,0	90,0	90,0	90,0	90,0	90,0	90,0	90,0	90,0	90,0	Fev	Dez



**Gráfico 1:** Evolução da eficiência em relação ao DBO da ETE da Mina de N4 no período de 2004 à 2009 (semestral).

**Tabela 6: Evolução da eficiência em relação ao DBO da ETE da Mina de N4 no ano de 2009 (Sistemas de Tratamento de Esgoto).**

Meses	Média	Bio Rio 2009	Bio Rio 2009				Bio Rio + BIOFIBRA - 2009								Média Bio Rio + BIOFIBRA
	2008		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
<b>Eficiência DBO5 (%)</b>	<b>53,7</b>	<b>68,3</b>	<b>71,1</b>	<b>57,1</b>	<b>64,1</b>	<b>80,8</b>	<b>89,2</b>	<b>91,6</b>	<b>91,0</b>	<b>86,7</b>	<b>76,1</b>	<b>87,9</b>	<b>87,2</b>	<b>92,2</b>	<b>87,4</b>
<b>Meta DBO5 (%)</b>	<b>90,0</b>	<b>90,0</b>	<b>90,0</b>	<b>90,0</b>	<b>90,0</b>	<b>90,0</b>	<b>90,0</b>	<b>90,0</b>	<b>90,0</b>	<b>90,0</b>	<b>90,0</b>	<b>90,0</b>	<b>90,0</b>	<b>90,0</b>	<b>90,0</b>



**Gráfico 02:** Evolução da eficiência em relação ao DBO da ETE da Mina de N4 no ano de 2009 por sistemas de tratamento.

**Tabela 7: Evolução da eficiência em relação ao DBO da ETE da Mina de N4 no período de 2004 à 2009 (Sistemas de Tratamento de Esgoto).**

Anos	2004		2005		2006		2007		2008		2009	
Períodos	1 sem	2 sem	1 sem	2 sem	1 sem	2 sem	1 sem	2 sem	1 sem	2 sem	Bio Rio até 15-04-09	Bio Rio + Biofibra
Eficiência (%) por semestres	40,5	37,6	34,7	69,2	73,0	81,0	60,0	49,2	46,4	60,9	68,3	87,8
Sistemas	Lagoa antes das intervenções de adequações e melhorias.		Lagoa após as intervenções de adequações e melhorias.				Sistema de ETE compacta com lodo ativado da Fundação Bio Rio.				Sistema Misto.	
Eficiência (%) por sistemas	37,6		74,4				57,0				87,4	
Evolução (%) por sistemas			36,8				-17,4				30,4	

Do mês de maio de 2009 , mês o qual foi alcança a meta de **90%** na eficiência em relação ao **DBO** até dezembro de 2009, foram realizadas **30** monitoramentos ambientais com os seguintes resultados: **15** monitoramentos com resultados acima de **92,5%**, **08** monitoramentos com média de **88,3%** e **07** monitoramentos com média de **80%**.

## 6 – CONCLUSÕES

Durante o período de 2004 a 2009, várias alterações foram realizadas na ETE da Mina de N4 com o objetivo de melhorar o tratamento dos efluentes biológicos gerados nas instalações administrativas e no refeitório central da Mina de N4 e de redução dos impactos ambientais no corpo receptor. Após inúmeras tentativas de adequações, implantações de melhorias e troca de sistemas de tratamento de esgoto, o objetivo de alcançar os 90% de eficiência em relação ao DBO, foi alcançado em meados do ano de 2009.

Além do objetivo principal ter sido alcançado, também houveram ganhos tangíveis e intangíveis, conforme o que se segue:

### Ganhos tangíveis:

Redução do impacto ambiental no corpo receptor em torno de **50%** em relação ao início do trabalho em 2004 totalizando assim **90%** ao término do trabalho em 2009;

Redução dos gastos financeiros com manutenção corretiva, através da realização de manutenção preventiva e da utilização de listas de verificação dos equipamentos, fazendo com que houvesse assim uma significativa redução no tempo de paradas do sistema para intervenções não programadas. Estas paradas são causadoras de desequilíbrios no sistema, uma vez que o mesmo depende de equipamentos mecânicos e elétricos para o seu pleno funcionamento;

Redução de intervenções e/ou alterações no sistema de tratamento do esgoto, diminuição assim os gastos financeiros e aumentando a confiabilidade do sistema;

Melhora na qualificação dos responsáveis pela operação, supervisão e gestão dos processos hídricos através de cursos e palestras direcionadas para a área de recursos hídricos e treinamentos teóricos e práticos ministrados pelas empresas que participaram de todo o trabalho de adequações e modificações da ETE da Mina de N4;

Ampliação de conhecimentos na área técnica (tratamento de efluentes biológicos) e área administrativa (gestão financeira, organizacional e planejamento);

Redução nos altos investimentos para melhoria do sistema de tratamento de esgoto, fazendo com que os investimentos fossem direcionados para manutenções preventivas, corretivas e operacionais.

Ganhos Intangíveis:

Fortalecimento da imagem da VALE junto à sociedade e órgãos ambientais, através da prática do desenvolvimento sustentável e do seu compromisso com o meio ambiente;

Ampliação de contatos com profissionais da área de Meio Ambiente.

## 7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9648. Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário - Procedimento. Rio de Janeiro, 1986.

BARROS, R.T.de V. et al. **Manual de Saneamento e Proteção Ambiental para os Municípios - Saneamento**. Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG. v.2. 1995.

Biofibra. Memorial Descritivo do Sistema de Tratamento da Estação de Tratamento de Esgotos da Mina de N4. Março 2009.

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005.

Fundação Bio Rio. Manual de Operação e Manutenção da Estação de Tratamento de Esgotos do Complexo Minerador de Carajás Mina N4. Rel. Março 2007.

LEI FEDERAL nº. 9433, DE 08/01/1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, seus princípios, objetivos e instrumentos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

TECMA – Tecnologia em Meio Ambiente Ltda. Sistema de Tratamento de Esgotos Sanitários do Núcleo Urbano de Carajás e da Mina de Ferro N4E. Diagnóstico Final. Rel. Eng. 101/05. Dezembro de 2005.

VON SPERLING, M. **Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias: Lagoas de estabilização**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, v.3. 2002.

VON SPERLING, M. **Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias: Princípios básicos do tratamento de esgotos**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, v.2. 2009.

VON SPERLING, M. **Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias: Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, v.1. 2009.

## **ANEXOS**

**Anexo A** – Avaliação dos Aspectos e Impactos Ambientais da ETE Mina N4;

**Anexo B** – Resultado da caracterização dos esgotos brutos, dos efluentes tratados e do corpo receptor da ETE Mina N4;

**Anexo C** – Plano de monitoramento da ETE da Mina de N4;

**Anexo D** – Planta de Fluxograma de Processo da Empresa TECMA.