

## II-390 – ESCOLHA DE ALTERNATIVA TECNOLÓGICA PARA TRATAMENTO E DESTINO FINAL DE LODO GERADO NO TRATAMENTO DE EFLUENTES LÍQUIDOS DE AGROINDÚSTRIAS COM BASE NO MÉTODO AHP

**Alexandre C. Frasson<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Químico e Mestre em Engenharia de Edificações e Saneamento pela Universidade Estadual de Londrina.

**Fernando Fernandes<sup>(2)</sup>**

Engenheiro Civil e Doutor em Tratamento de Resíduos pelo Instituto Nacional Politécnico de Toulouse e professor do mestrado em Engenharia de Edificações e Saneamento pela Universidade Estadual de Londrina;

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Damasco Adão Sotile, 206 – Jardim Estoril – Cornélio Procópio – PR – CEP 86300-000 – Brasil Tel: (43) 9915-1990 - e-mail: [frasson@creapr.org.br](mailto:frasson@creapr.org.br)

**Endereço<sup>(2)</sup>:** Rod. Celso Garcia Cid, PR 445, Km 380, Campus Universitário da Universidade Estadual de Londrina, Departamento de Construção Civil – DCCi, Centro de Tecnologia e Urbanismo – CTU, Caixa Postal 6.001, CEP 86051-990. [fernando@uel.br](mailto:fernando@uel.br)

### RESUMO

As agroindústrias são grandes geradoras de efluentes líquidos com alta carga orgânica. Conseqüentemente, os processos de tratamento de seus efluentes líquidos precisam tratar estas altas cargas e geram como produto de descarte, o lodo proveniente da sobra dos processos de tratamento, precisando para isso de um destino final ou tratamento. A grande dificuldade neste processo de descarte está na escolha da melhor alternativa tecnológica para tratamento e destinação final do material, a qual deve considerar alguns critérios para destinação. Nas agroindústrias, há especialistas incumbidos da decisão sobre o destino do lodo, mas muitas vezes estes usam da subjetividade e de análises superficiais e isoladas dos diversos critérios de decisão. Isso ocorre pois, geralmente, as agroindústrias usam o método de estudos em grupos de trabalho para a tomada de decisão, onde a subjetividade e as opiniões pessoais das pessoas interferem em uma escolha correta. Este trabalho objetiva estudar uma metodologia para auxiliar no processo de decisão e hierarquização das alternativas de destinação e tratamento de lodo de agroindústria, visando à escolha da melhor alternativa tecnológica disponível. O método escolhido foi a análise hierárquica de processos (AHP) de Saaty. Durante o trabalho, foi utilizado questionários para coleta das opiniões de 3 especialistas na gestão de efluentes líquidos de uma agroindústria de café solúvel, e 2 de uma agroindústria de embalagem de grãos e cereais. Estas opiniões ponderaram sobre 3 alternativas de tratamento e destinação do lodo: aterro sanitário, disposição em solo e incineração com aproveitamento energético. Para a escolha da melhor alternativa, os especialistas ponderaram sobre 6 critérios de escolha, sendo eles a legislação ambiental, o desaguamento do lodo, o prazo para implantação do sistema, o custo de transporte, o custo de destinação e o custo de operação. A alternativa escolhida pela agroindústria de café solúvel foi a incineração com recuperação de energia (49% da preferência), e no caso da agroindústria de embalagem de grãos e cereais, a disposição no solo (com 38 % de preferência). Os resultados obtidos indicam ser confiável a utilização do método AHP, pois reduz a subjetividade do avaliador quanto à escolha da alternativa mais viável para destinação e tratamento final dos lodos de agroindústrias, além do que é uma metodologia reconhecida e testada mundialmente, e possui um mecanismo de verificação para possíveis incoerências.

**PALAVRAS-CHAVE:** Lodo de agroindústria, método AHP de Saaty, metodologia para tomada de decisão.

### INTRODUÇÃO

Existem diversos processos para se tratar efluentes líquidos industriais de agroindústrias, sendo que a escolha do processo adequado, depende de variáveis como volume de efluente, área disponível, custo, caracterização do efluente dentre outras. Dentre estes vários processos, diversos geram o descarte de uma biomassa em excesso, que pode ser em maior ou menor quantidade dependendo da escolha do tipo de tratamento feito pela empresa. Esta biomassa em excesso se convencionou chamar de lodo.

O lodo pode ser biológico ou físico-químico e é composto por biomassa ativa ou inerte. A parte ativa pode ser retornada ao sistema biológico, pois será útil na biodegradação da matéria orgânica. Já a parte não utilizável, chamada de lodo em excesso, deverá ser decantada juntamente com os outros sólidos aglutinados presentes no sistema, os quais precisam ser retirados do processo de tratamento e destinados ou tratados de forma adequada de acordo com o determinado pela legislação ambiental vigente. No caso do processo físico-químico, o lodo é todo descartado.

A escolha de alternativas tecnológicas para destinação e tratamento do lodo são muitas, e com isso os especialistas das agroindústrias se deparam com a dificuldade em se escolher qual o melhor tratamento e destino final para este lodo. Os critérios utilizados para decidir sobre o destino variam de uma empresa para outra. Geralmente, pesam nesta decisão os critérios legais (legislação ambiental federal estadual e municipal), as limitações técnicas para destino do material como a umidade e a distancia a ser percorrida para a destinação do lodo além, é claro, do critério custo, muito importante na atividade industrial.

Existem diversos métodos decisórios que tentam eliminar ou pelo menos reduzir a subjetividade no processo de decisão. Dentre estes métodos decisórios, podemos citar o AHP - ANALITYC HIERARCHY PROCESS ou Análise Hierárquica de processos, como é conhecida em português.

O presente trabalho irá empregar o método AHP de Saaty para auxílio na tomada de decisão e para hierarquizar as alternativas quanto à melhor alternativa para destinação e tratamento dos lodos provenientes de estações de tratamento de efluentes de agroindústrias. Neste trabalho foi proposto um modelo de questionário para coleta das opiniões dos especialistas baseadas em critérios legais tecnológicos e de custos para decidir sobre o melhor destino e tratamento do lodo.

Os seis critérios escolhidos para análise dos destinos são: a legislação ambiental, o desaguamento do lodo, o prazo para implantação do sistema, o custo de transporte, o custo de destinação e o custo de operação, os quais foram definidos para que os especialistas tivessem clareza sobre como ponderar sobre os diversos destinos e tratamentos. Os três destinos e tratamentos possíveis considerados foram aterro sanitário, disposição no solo e incineração com reaproveitamento energético.

Após a coleta dos dados, as opiniões foram transferidas para o algoritmo do método AHP desenvolvido em uma planilha do software Microsoft Excel. Com isso foi possível a hierarquização das opções de destino e tratamento, o que tornou possível determinar as preferências dos especialistas frente os três destinos, levando-se em conta os seis critérios de avaliação para tomada de decisão.

## MATERIAIS E MÉTODOS

**Materiais:** Indústrias agro-alimentares estudadas, método AHP “adequado” ao estudo realizado (sem alterar o método proposto por SAATY), consulta a especialistas das empresas estudadas, questionários para coleta de dados para estudo, planilhas Excel licenciadas usadas nos cálculos da metodologia AHP

**Método:** O trabalho objetiva escolher uma alternativa tecnológica para tratamento e destino final de lodos de estações de tratamento de efluentes de agroindústrias utilizando uma metodologia para apoio na tomada de decisão e hierarquização das alternativas baseando-se em critérios pré-definidos.

Para isso, será feito uso da metodologia AHP (Análise Hierárquica de Processos) de Thomas Saaty, que é a metodologia de decisão de multicritérios mais conhecida no meio acadêmico. Foram definidas 3 possíveis alternativas de destinação final ou tratamento do lodo de agroindústria, e 6 critérios que servirão para que o avaliador especialista (ou decisor como menciona Saaty) possa ponderar sobre a escolha do melhor destino.

Para coleta de dados de avaliação, fez-se uso de um questionário que ajudasse na coleta das opiniões dos especialistas de duas agroindústrias que possuem estações de tratamento de efluentes e precisam destinar seus lodos.

Em seguida estes dados foram transferidos do questionário para tabelas (matrizes) que seguem a sequência matemática do método AHP. O método AHP foi desenvolvido em uma planilha do software Microsoft Excel. Esta planilha Excel foi montada a partir das explicações do método AHP aprendida por meio de livros

especializados e artigos sobre o assunto. O resultado final dos cálculos deve indicar qual das alternativas para destino dos lodos estudados é a mais adequada para cada empresa, hierarquizando as preferências.

### Coleta das preferências dos especialistas

Os questionários para coleta das opiniões foram construídos de forma que os especialistas, mesmo sem conhecerem a mecânica básica do método AHP, pudessem participar do trabalho dando suas opiniões sobre as alternativas e os critérios para destinação e tratamento do lodo biológico das empresas.

O fato dos especialistas desconhecerem a metodologia AHP era inclusive desejável para que desta forma fosse impedida ao máximo uma decisão tendenciosa, já que as empresas possuem lodos sendo destinados atualmente para alternativas escolhidas anteriormente. Para o estudo, o foco principal da decisão é a destinação do lodo das agroindústrias. As 3 alternativas viáveis para destinação final e tratamento do lodo são: aterro industrial, disposição em solo agrícola e incineração com aproveitamento energético.

Estas alternativas foram às escolhidas, pois os especialistas julgaram que seriam as mais viáveis devido ao tipo dos lodos e a localização das empresas estudadas, já que há aterros industriais que recebem o material no estado do Paraná onde estes lodos podem ser transportados, há solos em abundância para receber lodo nas regiões onde as indústrias estão localizadas, e há demanda para queima de lodos em caldeiras de biomassa para gerar energia para obtenção de vapor para ambas. Estes também foram às alternativas consideradas viáveis em uma avaliação realizada pelo método convencional de decisão utilizado pelos grupos de trabalho mencionados em ambas as empresas.

Para uso do método AHP, verificou-se a necessidade da elaboração de critérios de escolha para tomada de decisão. Conversando com os especialistas da empresa a respeito das limitações para destino e tratamento final, estes informaram que existem barreiras legais, técnicas e de custos que afetam fortemente a escolha do melhor destino. Estes critérios podem ser assim descritos:

- a) Critério 1 - cumprimento da legislação ambiental federal, estadual e municipal aplicada a lodos biológicos, que receberá a sigla “**LE**” para facilitar as explicações nos quadros e textos.
- b) Critério 2 - prazo para implantação do sistema de destinação e tratamento final do lodo, que receberá a sigla “**PZ**” para facilitar as explicações nos quadros e textos.
- c) Critério 3: Tecnologia para desumidificação do lodo, que receberá a sigla “**DE**” para facilitar as explicações nos quadros e textos.
- d) Critério 4: custo do investimento para criar o sistema de destinação e tratamento final do lodo, que receberá a sigla “**CI**” para facilitar as explicações nos quadros e textos.
- e) Critério 5: custo do transporte do lodo, que receberá a sigla “**CT**” para facilitar as explicações nos quadros e textos.
- f) Critério 6: custos para destinação final ou tratamento, que receberá a sigla “**CD**” para facilitar as explicações nos quadros e textos.

As alternativas e os critérios para as duas empresas estudadas são as mesmas.

### Interpretação dos critérios para avaliação das alternativas

Para a correta avaliação dos critérios por parte dos especialistas, ficaram estabelecidos os seguintes conceitos para avaliação dos pesos das alternativas e da avaliação das alternativas frente aos critérios:

- 1) **Critério de cumprimento da legislação ambiental (LE):** de acordo com o destino escolhido, deve-se levar em consideração que existem limites legais que devem ser obedecidos para que um lodo biológico de uma agroindústria possa ou não ser enviado para determinada destinação. Assim, após uma pesquisa na legislação estadual e federal relacionada a lodos, temos que:
  - a) Aterros industriais: não há uma legislação que proíba ou limite o envio de lodo para este destino. No entanto, é importante que o lodo seja classificado de acordo com a Norma NBR 10.004:2004 Resíduos sólidos – Classificação. Esta norma determina requisitos para classificação dos lodos em classe I ou II A, o que será importante para verificar a viabilidade de envio para um determinado tipo de aterro.

b) Disposição em solo agrícola – Não há no Brasil uma legislação específica para destinação de lodos biológicos industriais no solo. Em consulta ao Instituto Ambiental do Paraná (IAP), este recomenda o estudo de viabilidade baseado nos limites estabelecidos na legislação resolução CONAMA n°. 375, de 29 de Agosto de 2006 que define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências. Verificou-se que a empresa de café solúvel estudada realizou um estudo baseado nesta resolução com sucesso, tendo conseguido licenciamento para destinação do seu lodo biológico para disposição em solo agrícola.

c) Incineração com aproveitamento energético – para este fim, deve-se consultar a legislação Federal Conama 382 de 26/12/06 que estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas. Além disso, no estado do Paraná, local do estudo, deve observar as legislações SEMA 54/06 que define critérios para o Controle da Qualidade do Ar de fontes fixas e móveis e a resolução SEMA 42 de 22/07/08 que estabelece critérios para a queima de resíduos em caldeiras e dá outras providências.

2) **Critérios tecnológicos:** As principais variáveis neste requisito, de acordo com a avaliação dos especialistas das empresas estudadas, são o prazo que se levaria para a implantação do sistema de destinação de lodos e a tecnologia para desumidificação do lodo.

a) Prazo para implantação do sistema (PZ) – O tempo necessário entre a concepção do projeto e sua operação, pode ser um fator decisivo para a decisão do destino e tratamento final do lodo biológico. O tempo gasto para projetar o sistema, no processo de compra, na construção dos equipamentos e prédios, na contratação e treinamento de pessoal qualificado, no start up do sistema, além de outras variáveis, pode inviabilizar o sistema caso a necessidade de destinação do volume de lodo seja imediata ou crescente em razão de mudanças de processo ou aumento de capacidade. Cabe ao especialista decidir se um destino ou tratamento do lodo pode ou não ser aceitável em relação ao seu tempo para entrada em processo.

b) Tecnologia para desumidificação (DE) – A retirada de água de um lodo (umidade) é algo extremamente complexo. Existem várias alternativas como leito de secagem, centrífugas, prensas desaguadoras, filtros prensas, bags desidratadores, etc. Cada um tem suas vantagens e desvantagens, assim como limitações quanto à retirada de água do material. Dependendo da eficiência do método, um lodo pode ter teor de umidade final tal que, um determinado destino ou tratamento possa ser inviável.

3) **Critérios relacionados ao custo:** Na opinião dos especialistas, os fatores a serem considerados quanto ao custo são:

a) Custo do investimento para implantação e operação (CI) – a compra de máquinas, equipamentos, instrumentos, peças de reposição, pessoal para implantação e operação do sistema e manutenção, devem ser checados e comparados para uma decisão sensata para escolha dos 3 destinos propostos a fim de se chegar ao mais viável.

b) Custo do transporte (CT) – O custo para o transporte do lodo depende da distancia e de algumas características do material, como a classe do resíduo. Este custo deve ser ponderado, pois representa uma parcela importante dos gastos na sua destinação e tratamento. Deve-se ponderar sobre o custo do transporte dentro da unidade, como a retirada do lodo da ETE para outro ponto e o custo do carregamento e do transporte até o destino final ou para tratamento do material. No caso de ocorrerem cinzas, como na incineração com recuperação de energia, o custo na disposição destas também deve ser considerado.

c) Custos de destinação final ou tratamento (CD) – dependendo do destino escolhido, haverá custos altos envolvidos, como no caso de aterros industriais ou ainda haverá custos eventuais na disposição do lodo no solo, como o de análises para monitoramento do lodo no solo e análises no próprio material. No caso da incineração, se deve pagar para destinar as cinzas, mas também podem acontecer receitas advindas da queima do lodo em substituição a outro combustível, o qual teria que ser comprado para gerar energia. O custo de monitoramento do sistema de incineração também foi ponderado neste critério.

### **Aplicação do método AHP nas indústrias estudadas**

Nesta etapa do estudo, foi aplicado o método AHP com a ajuda de 3 especialistas de uma agroindústria fabricante de café solúvel do norte do Paraná que possui uma grande estação de tratamento de efluente biológica com aeração prolongada cuja vazão média é de 70 m<sup>3</sup>/h, descartando 75 toneladas/dia de lodo com umidade média de 78%, após a passagem por prensas desaguadoras.

No caso da agroindústria de processamento e embalagem de grãos e cereais, esta tem produção variável de lodo de acordo com o seu processo de fabricação, que é sazonal, e opera uma estação de tratamento biológico

com aeração prolongada de médio porte com vazão média entre 8 e 20 m<sup>3</sup>/h dependendo da época do ano, e descarte de 1 a 4 toneladas dia com umidade média de 60 % após passagem em leito de secagem natural (ao sol). Nesta indústria, foram consultados 2 especialistas onde foi aplicado o questionário de coleta de dados. Este número reduzido de especialistas nestas duas empresas deve-se ao fato de haver nestas empresas, poucos especialistas com capacidade para ponderar sobre as alternativas e critérios para escolha do melhor destino ou tratamento do lodo, e infelizmente não ter sido possível identificar outros que pudessem participar do trabalho.

Também não foi possível encontrar outras agroindústrias que aceitassem participar do trabalho, apesar de várias insistências junto a empresas de vários segmentos. A explicação básica era que não havia interesse, pois a questão lodo seria delicada para o caso destas (o destino atual não é autorizado pelo órgão ambiental, sendo utilizado sem critérios técnicos definidos, inclusive).

Os especialistas de ambas as empresas estudadas são da área industrial e de gestão da empresa e estão assim divididos:

- a) Indústria de Café Solúvel: 1 coordenador de meio ambiente, 1 coordenador de utilidades e 1 coordenador de suprimentos  
 b) Indústria de embalagem de grãos e cereais: 1 chefe da estação de tratamento de efluentes, 1 gerente industrial da agroindústria

Escolheram-se estes especialistas, pois eles foram identificados como conhecedores dos critérios legais ambientais, técnicos e de custos envolvidos na tomada de decisão sobre a melhor destinação dos lodos de ambas as empresas. Estes também haviam participado de um grande grupo de estudos composto por 15 pessoas e que trabalhou por 11 meses para decisão sobre a melhor alternativa de destinação para o lodo da empresa de café solúvel, e de um grupo de 8 pessoas que trabalhou por cerca de 5 meses na empresa de embalagem de grãos e cereais.

Para a coleta dos dados com as opiniões dos especialistas, foram elaborados dois questionários, sendo um para avaliar o peso dos critérios, que serve para determinar o grau de importância de cada um dos 6 critérios, e outro para o julgamento de valor, que serve para julgar o grau de importância dado para cada alternativa de destino frente aos critérios. Os especialistas então analisavam as alternativas e critérios par a par, atribuindo valores relativos as comparações, usando a escala de Saaty descrita abaixo.

**Tabela 1 – Escala numérica de julgamentos de Saaty**

Escala numérica	Escala Verbal	Explicação
1	Ambos os elementos são de igual importância	Não há preferência sobre as duas comparações
3	Moderada importância de um elemento sobre o outro	A experiência e a opinião dos julgadores favorecem um elemento
5	Forte importância de um elemento sobre o outro	Um elemento e fortemente favorecido sobre o outro
7	Importância muito forte de um elemento sobre o outro	Um elemento e muito fortemente favorecido sobre o outro
9	Extrema importância de um elemento sobre o outro	Um elemento tem preferência absoluta sobre o outro
2, 4, 6 e 8	Valores intermediários sobre as opiniões	Usado para graduações mais finas de opiniões pelos julgadores
Recíprocos dos valores acima	Se o elemento <i>j</i> recebe um dos valores acima, quando comparado com o elemento <i>i</i> , então <i>j</i> tem o valor recíproco de <i>i</i> .	A reciprocidade neste caso é visto como uma avaliação lógica na avaliação para uma tomada de decisão coerente

Fonte: adaptado de Trevisano e Freitas, 2005

Estes questionários foram elaborados de forma a tornar a análise o mais simples possível para os especialistas. Vários modelos foram estudados até se chegar ao mais fácil e simples. Estes dois questionários respondidos possibilitaram a interação entre a opinião dos especialistas e o método AHP.



Os especialistas eram reunidos em sessões que duravam entre 30 e 45 minutos cada uma, e nesta opinavam sobre os critérios e alternativas quanto a sua relevância, comparando-os par a par. O questionário era aplicado aos especialistas reunidos, e estes chegavam a um consenso sobre o valor a ser atribuído no questionário de acordo com a escala de Saaty. Os valores eram então anotados no questionário impresso.

Foi realizada uma reunião com os 3 especialistas da indústria de café solúvel (na sala de reunião da própria empresa) e outra para os 2 especialistas da indústria de embalagem de grãos e cereais (na própria estação de tratamento de efluentes).

O método matemático descrito por Saaty foi então transformado em um algoritmo na planilha do software Microsoft Excel, tornando possível transferir para lá as opiniões dos especialistas dos questionários impressos, e assim avaliar os julgamentos, as matrizes normalizadas, os vetores de cálculo e os graus de inconsistência, que são aspectos que caracterizam o AHP e permitem a hierarquização das alternativas.

O resultado final obtido foi a preferência dentre as 3 alternativas de destino e tratamento final dos lodos de ambas, colocando estas alternativas segundo a ordem de preferências dos especialistas.

O método também permite calcular a inconsistência dos julgamentos dos especialistas. Para o cálculo da Razão de Consistência (RC) para as alternativas frente aos critérios, temos que  $RC = IC/IR$ . De acordo com Saaty, podemos dizer que um julgamento é consistente, quando a condição  $RC < 0,1$  é satisfeita.

O termo IC é o Índice de Consistência (IC), que é dado por  $IC = (\lambda_{\max} - n)/(n-1)$ . Por sua vez o  $\lambda_{\max}$  é o maior autovalor da matriz de julgamentos. Para calcular o  $\lambda_{\max}$ , devemos usar a equação:

$$\lambda_{\max} = |P_{\text{auxiliar } 1} + P_{\text{auxiliar } 2} \dots + P_{\text{auxiliar } i}| / n \quad (\text{Pamplona et al 1999}).$$

Temos que “n” é a ordem da matriz. No caso deste trabalho, teremos matrizes de ordem 3 e 6 ( $n=3$  e  $n=6$ ) pois são 3 possíveis alternativas e 6 possíveis critérios. O valor de IR, ou índice de consistência aleatória como é conhecido na metodologia AHP, é dado pela tabela 1 abaixo:

**Tabela 1: Valores de IR em função da ordem da matriz**

<b>n</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<b>IR</b>	0	0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51

Fonte: Pamplona et al (1999).

Este artigo não descreverá passo a passo o método AHP pois este é muito extenso. Para isso, recomenda-se a leitura de todo o método diretamente do livro de Thomas Saaty citado na bibliografia do artigo. Nos resultados, procurou-se descrever como os cálculos foram feitos para assim ajudar o leitor do artigo a entender o funcionamento do método.

## RESULTADOS

Nesta etapa, será descrito passo a passo o cálculo efetuado para descobrir qual alternativa de destinação e tratamento final do lodo das agroindústrias é a melhor, usando para isso o método AHP. Será apresentada a sequência de cálculo para o estudo realizado na indústria de Café solúvel a fim de facilitar a aplicação do método, e depois de feito isso, o quadro com o resultado final para o caso da indústria de processamento e embalagem de grãos e cereais.

Após os 3 especialistas da indústria de café solúvel efetuarem o preenchimento dos dois questionários. Os julgamentos ali feitos foram então traduzidos para a escala de Saaty e criadas as matrizes de avaliação, o que resultou em 7 quadros, sendo 6 relativas a avaliação das alternativas diante dos critérios e um quadro relativo às preferências dos 6 critérios frente ao foco principal.

### Avaliação dos critérios frente ao foco principal

Nesta etapa, os critérios foram comparados de maneira pareada entre si com a finalidade de avaliar os pesos relativos destes, definindo os de maior grau de importância. Estes resultados estão apresentados no quadro 1. Os valores marcados em cinza indicam os julgamentos paritários que são exigidos na metodologia AHP, ou seja, precisa haver reciprocidade nas respostas quando os itens são comparados.

**Quadro 1: comparação dos critérios frente ao foco principal na indústria de café solúvel**

FOCO PRINCIPAL (FP)	LE	PZ	DE	CI	CT	CD
Legislação (LE)	1	2	2	1/5	1/3	1/5
Prazo (PZ)	1/2	1	3	1/5	1/4	1/8
Desumidificação (DE)	1/2	1/3	1	1/6	1/6	1/7
Custo Investimento (CI)	5	5	6	1	1/2	1/5
Custo Transporte (CT)	3	4	6	2	1	1/2
Custo Destinação (CD)	5	8	7	5	2	1
<b>SOMA</b>	<b>15,00</b>	<b>20,33</b>	<b>25,00</b>	<b>8,57</b>	<b>4,25</b>	<b>2,17</b>

### Normalização dos critérios frente ao foco principal e determinação das prioridades médias locais

Depois foi feita a normalização das matrizes segundo o método proposto por Saaty, que consiste em dividir o valor de cada julgamento pelo vetor soma correspondente. A média simples das linhas da matriz normalização possibilita a obtenção das prioridades médias locais (PML). Este cálculo pode ser visto no quadro 2.

**Quadro 2: normalização dos critérios frente ao foco principal e determinação das prioridades médias locais para o estudo da indústria de café solúvel**

FOCO PRINCIPAL (FP)	LE	PZ	DE	CI	CT	CD	PML
Legislação (LE)	0,07	0,10	0,08	0,02	0,08	0,09	<b>0,07</b>
Prazo (PZ)	0,03	0,05	0,12	0,02	0,06	0,06	<b>0,06</b>
Desumidificação (DE)	0,03	0,02	0,04	0,02	0,04	0,07	<b>0,04</b>
Custo Investimento (CI)	0,33	0,25	0,24	0,12	0,12	0,09	<b>0,19</b>
Custo Transporte (CT)	0,20	0,20	0,24	0,23	0,24	0,23	<b>0,22</b>
Custo Destinação (CD)	0,33	0,39	0,28	0,58	0,47	0,46	<b>0,42</b>

### Verificação da consistência da matriz dos critérios

Neste passo deve-se determinar primeiramente o chamado vetor P". Este passo consiste em multiplicar o valor do julgamento da matriz pelo seu PML correspondente e somar o valor das colunas. Feito isso, devemos dividir o valor do vetor P pelo seu valor correspondente na matriz de julgamento, e com isso encontramos o chamado vetor P<sub>auxiliar</sub>. Um exemplo desta etapa de cálculo para cálculo dos vetores P" e P<sub>auxiliar</sub> está descrito no quadro 3, correspondente ao estudo de caso da indústria de café solúvel.

**Quadro 3: Vetor P e vetor P<sub>auxiliar</sub> para o foco principal.**

Análise de consistência	LE	PZ	DE	CI	CT	CD
Legislação (LE)	<b>0,07</b>	0,11	0,07	0,04	0,07	0,08
Prazo (PZ)	0,04	<b>0,06</b>	0,11	0,04	0,06	0,05
Desumidificação (DE)	0,04	0,02	<b>0,04</b>	0,03	0,04	0,06
Custo Investimento (CI)	0,37	0,29	0,21	<b>0,19</b>	0,11	0,08
Custo Transporte (CT)	0,22	0,23	0,21	0,38	<b>0,22</b>	0,21
Custo Destinação (CD)	0,37	0,46	0,25	0,95	0,45	<b>0,42</b>
<b>Vetor P"</b>	<b>0,46</b>	<b>0,35</b>	<b>0,22</b>	<b>1,25</b>	<b>1,48</b>	<b>2,89</b>
<b>P auxiliar</b>	<b>6,22</b>	<b>6,09</b>	<b>6,17</b>	<b>6,56</b>	<b>6,63</b>	<b>6,88</b>

Após estes cálculos, foi realizado o teste de consistência dos julgamentos, onde foi calculado a Razão de Consistência (RC) dos julgamentos proposto por Saaty. Para isso calculou-se os valores de  $\lambda_{max}$ , IC e finalmente o RC para os critérios frente ao foco principal. Primeiro faz-se o cálculo do  $\lambda_{max}$ , o que resultou em  $\lambda_{max} = 6,4240$ .

Depois disso se calculou o valor do índice de inconsistência (IC) por meio da fórmula  $IC = (\lambda_{max} - n)/(n-1)$ , sendo n a ordem da matriz dos 6 critérios. Com isso o valor de IC foi de 0,0848. Para a matriz de ordem 6, temos que o valor de IR é de 1,24 (vide tabela 1).

Os valores resultam no valor de RC de 0,0864, que é menor de 0,1, e desta forma satisfazendo a condição de Saaty ( $RC < 0,1$ ). Isso indica que o julgamento dos pesos dos critérios realizado pelos especialistas foi consistente. O resumo dos cálculos está descrito no quadro 4.

**Quadro 4: Valores determinados no cálculo da razão de consistência**

$\lambda_{max}$	6,4240
IC	0,0848
IR	1,24
<b>RC</b>	<b>0,0684</b>

### Comparação das alternativas frente aos critérios

Para a sequência da metodologia, necessita-se agora avaliar qual a preferência das 3 alternativas frente aos 6 critérios. Para tanto, foi construída uma matriz de comparação onde as 3 alternativas são comparadas entre si de maneira pareada, analisando-as as preferências entre elas sobre a luz de cada um dos 6 critérios estabelecidos. Os quadros 5 a 10 mostram os resultados dos julgamentos realizados das 3 alternativas frente aos 6 critérios. Os valores marcados em cinza indicam os julgamentos paritários.

**Quadro 5: Avaliação do critério legislação a luz das 3 alternativas**

<b>Legislação (LE)</b>	Aterro	Solo	Incineração
Aterro	<b>1</b>	3	5
Solo	1/3	<b>1</b>	3
Incineração	1/5	1/3	<b>1</b>
<b>SOMA</b>	<b>1,53</b>	<b>4,33</b>	<b>9,00</b>

**Quadro 6: Avaliação do critério prazo a luz das 3 alternativas**

<b>Prazo (PZ)</b>	Aterro	Solo	Incineração
Aterro	<b>1</b>	3	5
Solo	1/3	<b>1</b>	3
Incineração	1/5	1/3	<b>1</b>
<b>SOMA</b>	<b>1,53</b>	<b>4,33</b>	<b>9,00</b>

**Quadro 7: Avaliação do critério desumidificação a luz das 3 alternativas**

<b>Desumidificação (DE)</b>	Aterro	Solo	Incineração
Aterro	<b>1</b>	1/5	1/2
Solo	5	<b>1</b>	3
Incineração	2	1/3	<b>1</b>
<b>SOMA</b>	<b>8,00</b>	<b>1,53</b>	<b>4,50</b>

**Quadro 8: Avaliação do critério custo do investimento a luz das 3 alternativas**

<b>Custo Investimento (CI)</b>	Aterro	Solo	Incineração
Aterro	<b>1</b>	3	4
Solo	1/3	<b>1</b>	2
Incineração	1/4	1/2	<b>1</b>
<b>SOMA</b>	<b>1,58</b>	<b>4,50</b>	<b>7,00</b>

**OBS:** este quadro precisou ser reavaliado pelos especialistas, pois a primeira análise mostrou-se inconsistente, com  $RC > 1$ .



**Quadro 9: Avaliação do critério custo do transporte a luz das 3 alternativas**

<b>Custo Transporte (CT)</b>	Aterro	Solo	Incineração
Aterro	<b>1</b>	1/4	1/9
Solo	4	<b>1</b>	1/5
Incineração	9	5	<b>1</b>
<b>SOMA</b>	<b>14,00</b>	<b>6,25</b>	<b>1,31</b>

**Quadro 10: Avaliação do critério custo de destinação a luz das 3 alternativas**

<b>Custo Destinação (CD)</b>	Aterro	Solo	Incineração
Aterro	<b>1</b>	1/5	1/9
Solo	5	<b>1</b>	1/3
Incineração	9	3	<b>1</b>
<b>SOMA</b>	<b>15,00</b>	<b>4,20</b>	<b>1,44</b>

**Normalização dos quadros de julgamentos das alternativas frente aos critérios e determinação das prioridades médias locais (PML)**

**Quadro 11: normalização das alternativas frente ao critério legislação e determinação das prioridades médias locais para o estudo da indústria de café solúvel**

<b>Legislação (LE)</b>	Aterro	Solo	Incineração	<b>PML (LE)</b>
Aterro	0,65	0,69	0,56	<b>0,63</b>
Solo	0,22	0,23	0,33	<b>0,26</b>
Incineração	0,13	0,08	0,11	<b>0,11</b>

**Quadro 12: normalização das alternativas frente ao critério prazo e determinação das prioridades médias locais para o estudo da indústria de café solúvel**

<b>Prazo (PZ)</b>	Aterro	Solo	Incineração	<b>PML (PZ)</b>
Aterro	0,65	0,69	0,56	<b>0,63</b>
Solo	0,22	0,23	0,33	<b>0,26</b>
Incineração	0,13	0,08	0,11	<b>0,11</b>

**Quadro 13: normalização das alternativas frente ao critério desumidificação e determinação das prioridades médias locais para o estudo da indústria de café solúvel**

<b>Desumidificação (DE)</b>	Aterro	Solo	Incineração	<b>PML (DE)</b>
Aterro	0,13	0,13	0,11	<b>0,12</b>
Solo	0,63	0,65	0,67	<b>0,65</b>
Incineração	0,25	0,22	0,22	<b>0,23</b>

**Quadro 14: normalização das alternativas frente ao critério custo do investimento e determinação das prioridades médias locais para o estudo da indústria de café solúvel**

<b>Custo Investimento (CI)</b>	Aterro	Solo	Incineração	<b>PML (CI)</b>
Aterro	0,63	0,67	0,57	<b>0,62</b>
Solo	0,21	0,22	0,29	<b>0,24</b>
Incineração	0,16	0,11	0,14	<b>0,14</b>

**Quadro 15: normalização das alternativas frente ao critério custo do transporte e determinação das prioridades médias locais para o estudo da indústria de café solúvel**

<b>Custo Transporte (CT)</b>	Aterro	Solo	Incineração	<b>PML (CT)</b>
Aterro	0,07	0,04	0,08	<b>0,07</b>
Solo	0,29	0,16	0,15	<b>0,20</b>
Incineração	0,64	0,80	0,76	<b>0,74</b>

**Quadro 16: normalização das alternativas frente ao critério custo de destinação e determinação das prioridades médias locais para o estudo da indústria de café solúvel**

<b>Custo Destinação (CD)</b>	<b>Aterro</b>	<b>Solo</b>	<b>Incineração</b>	<b>PML (CD)</b>
Aterro	0,07	0,05	0,08	<b>0,06</b>
Solo	0,33	0,24	0,23	<b>0,27</b>
Incineração	0,60	0,71	0,69	<b>0,67</b>

**Verificação da consistência da matriz de julgamentos das alternativas frente aos critérios**

Nesta etapa, determina-se o vetor P e o vetor  $P_{\text{auxiliar}}$ . O cálculo dos vetores para as alternativas frente aos critérios segue a mesma sistemática do cálculo para peso dos critérios. Esta etapa do cálculo dos vetores P e  $P_{\text{auxiliar}}$  está descrito nos quadros 17 a 22 para o estudo de caso da indústria de café solúvel.

**Quadro 17: Vetor P e vetor  $P_{\text{auxiliar}}$  para o critério legislação**

<b>Legislação (LE)</b>	<b>Aterro</b>	<b>Solo</b>	<b>Incineração</b>
Aterro	<b>0,63</b>	0,78	0,53
Solo	0,21	<b>0,26</b>	0,32
Incineração	0,13	0,09	<b>0,11</b>
<b>Vetor P''</b>	1,95	0,79	0,32
<b>P auxiliar</b>	3,07	3,03	3,01

**Quadro 18: Vetor P e vetor  $P_{\text{auxiliar}}$  para o critério prazo**

<b>Prazo (PZ)</b>	<b>Aterro</b>	<b>Solo</b>	<b>Incineração</b>
Aterro	<b>0,63</b>	0,78	0,53
Solo	0,21	<b>0,26</b>	0,32
Incineração	0,13	0,09	<b>0,11</b>
<b>Vetor P''</b>	1,95	0,79	0,32
<b>P auxiliar</b>	3,07	3,03	3,01

**Quadro 19: Vetor P e vetor  $P_{\text{auxiliar}}$  para o critério desumidificação**

<b>Desumidificação (DE)</b>	<b>Aterro</b>	<b>Solo</b>	<b>Incineração</b>
Aterro	<b>0,12</b>	0,13	0,11
Solo	0,61	<b>0,65</b>	0,69
Incineração	0,24	0,22	<b>0,23</b>
<b>Vetor P''</b>	0,37	1,95	0,69
<b>P auxiliar</b>	3,00	3,01	3,00

**Quadro 20: Vetor P e vetor  $P_{\text{auxiliar}}$  para o critério custo do investimento**

<b>Custo Investimento (CI)</b>	<b>Aterro</b>	<b>Solo</b>	<b>Incineração</b>
Aterro	<b>0,62</b>	0,72	0,55
Solo	0,21	<b>0,24</b>	0,27
Incineração	0,16	0,12	<b>0,14</b>
<b>Vetor P''</b>	1,89	0,72	0,41
<b>P auxiliar</b>	3,03	3,01	3,01

**Quadro 21: Vetor P e vetor  $P_{\text{auxiliar}}$  para o critério custo do transporte**

<b>Custo Transporte (CT)</b>	<b>Aterro</b>	<b>Solo</b>	<b>Incineração</b>
Aterro	<b>0,07</b>	0,05	0,08
Solo	0,26	<b>0,20</b>	0,15
Incineração	0,59	1,00	<b>0,74</b>
<b>Vetor P''</b>	0,20	0,61	2,32
<b>P auxiliar</b>	3,01	3,05	3,16

**Quadro 22: Vetor P e vetor P<sub>auxiliar</sub> para o critério custo de destinação**

<b>Custo Destinação (CD)</b>	<b>Aterro</b>	<b>Solo</b>	<b>Incineração</b>
Aterro	<b>0,06</b>	0,05	0,07
Solo	0,32	<b>0,27</b>	0,22
Incineração	0,57	0,80	<b>0,67</b>
<b>Vetor P''</b>	0,19	0,81	2,04
<b>P auxiliar</b>	3,01	3,03	3,06

Para o cálculo da razão de consistência (RC) para as alternativas frente aos critérios, temos vários valores de  $\lambda_{\max}$  e seu cálculo resulta nos valores do quadro 23 e 24, que apresenta todos os cálculos e por último o RC frente aos critérios.

**Quadro 23: Avaliação da RC para os critérios legislação, prazo e desumidificação frente às alternativas**

<b>Legislação (LE)</b>		<b>Prazo (PZ)</b>		<b>Desumidificação (DE)</b>	
$\lambda_{\max}$	3,04	$\lambda_{\max}$	3,04	$\lambda_{\max}$	3,00
<b>IC</b>	0,019	<b>IC</b>	0,019	<b>IC</b>	0,002
<b>RC</b>	<b>0,033</b>	<b>RC</b>	<b>0,033</b>	<b>RC</b>	<b>0,003</b>

**Quadro 24: Avaliação da RC para os critérios custos de investimento, transporte e destinação frente às alternativas**

<b>Custo Investimento (CI)</b>		<b>Custo Transporte (CT)</b>		<b>Custo Destinação (CD)</b>	
$\lambda_{\max}$	3,02	$\lambda_{\max}$	3,07	$\lambda_{\max}$	3,03
<b>IC</b>	0,009	<b>IC</b>	0,036	<b>IC</b>	0,015
<b>RC</b>	<b>0,016</b>	<b>RC</b>	<b>0,062</b>	<b>RC</b>	<b>0,025</b>

OBS: Cabe aqui comentar que no caso do critério custo de investimento, os especialistas precisaram refazer a avaliação no questionário com a base de dados, pois o RC inicial havia sido 0,26 na primeira rodada de avaliação (como mencionado no quadro 8), acima portando do valor máximo sugerido por Saaty ( $RC < 0,1$ ). Nesta segunda avaliação os especialistas perceberam que havia incoerência na avaliação quando comparado as preferências das alternativas aterro e solo frente ao critério custo de investimento, sub-valorizando a preferência de um frente ao outro. Estes comentaram que a segunda avaliação realmente ficou melhor, pois estava mais “condizente com a realidade da empresa e mais lógico que a análise anterior”.

Tem-se então como resultado final que todos os RC's, tanto o dos critérios frente ao foco principal, como das alternativas frente aos critérios, satisfazem a condição de Saaty de  $RC < 0,1$ . O quadro 25 apresenta um resumo de todos os RC's calculados.

**Quadro 25: Valores de RC's para todas as avaliações de consistência**

<b>Alternativa/critério</b>	<b>RC</b>
Legislação (LE)	0,033
Prazo (PZ)	0,033
Desumidificação (DE)	0,003
Custo Investimento (CI)	0,016
Custo Transporte (CT)	0,062
Custo Destinação (CD)	0,025
<b>FOCO PRINCIPAL (FP)</b>	<b>0,068</b>

### **Cálculo das prioridades médias globais (PG's) para decisão da melhor alternativa de destinação e tratamento de lodo biológico da indústria de café solúvel**

Uma vez que todos os julgamentos se mostraram consistentes ( $RC < 0,1$ ), determinou-se o vetor das prioridades globais (PG). O vetor PG serve para armazenar a prioridade associada a cada alternativa em relação ao foco

principal ou meta decisão. Com isso, poderemos verificar qual das 3 alternativas a luz dos critérios estabelecidos é a melhor escolha segundo os especialistas.

Para determinação das prioridades médias globais, foi utilizada a equação proposta por Saaty:

$$PG_{(aterro)} = PML_{(LE)} * PML_{(aterro)} Cr_{LE} + PML_{(PZ)} * PML_{(aterro)} Cr_{PZ} + \dots + PML_{(Cn)} * PML_{(aterro)} Cr_n$$

E, por similaridade, foram calculados o  $PG_{(disposição\ no\ solo)}$  e o  $PG_{(incineração)}$ . Os resultados destas equações encontram-se descritos no quadro 26:

**Quadro 26: Prioridades globais das alternativas – Indústria de Café Solúvel**

<b>PG<sub>1</sub> - Aterro</b>	0,25	Prioridade da alternativa “aterro industrial” frente ao foco principal
<b>PG<sub>2</sub> - Disposição no solo</b>	0,26	Prioridade da alternativa “disposição em solo” frente ao foco principal
<b>PG<sub>3</sub> - Incineração</b>	0,49	Prioridade da alternativa “incineração com recuperação de energia” frente ao foco principal

Por esta avaliação, vemos que a melhor escolha para o lodo biológico da indústria de café solúvel na opinião dos 3 especialistas, seria a incineração com recuperação de energia que possui prioridade global de 0,49 (ou 49% da preferência), seguido da disposição do lodo em solo agrícola (0,26 ou 26% da preferência) e por ultimo destinação em aterro (0,25 ou 25% da preferência).

### **Cálculo das prioridades médias globais (PG's) para decisão da melhor alternativa de destinação e tratamento de lodo biológico da indústria de processamento de grãos e cereais**

Para o caso da agroindústria de grãos e cereais, foi realizado o mesmo processo matemático da indústria de café solúvel. O resultado final para esta agroindústria está descrito no quadro 27 onde estão demonstrados os resultados calculados das prioridades médias globais.

**Quadro 27: Prioridades globais das alternativas – Indústria de grãos e cereais**

<b>PGA<sub>1</sub> - Aterro</b>	0,27	Prioridade da alternativa “aterro industrial” frente ao foco principal
<b>PGA<sub>2</sub> - Disposição no solo</b>	0,38	Prioridade da alternativa “disposição em solo” frente ao foco principal
<b>PGA<sub>3</sub> - Incineração</b>	0,35	Prioridade da alternativa “incineração com recuperação de energia” frente ao foco principal

Por esta avaliação, vemos que a melhor escolha para este lodo biológico da indústria de grãos e cereais na opinião dos 2 especialistas, seria a disposição em solo agrícola que possui prioridade global de 0,38 (ou 39% da preferência), seguido da incineração com recuperação de energia (0,35 ou 35% da preferência) e por ultimo destinação em aterro (0,27 ou 27% da preferência).

### **Resumo dos resultados e reflexões críticas sobre os resultados obtidos**

A fim de facilitar uma visão mais clara dos resultados obtidos e de algumas limitações e observações a cerca do estudo realizado, será utilizado um resumo geral.

Depois de aplicado o método AHP no caso do estudo da indústria de café solúvel, o método AHP proporcionou a escolha da melhor alternativa tecnológica para destinação de seu lodo biológico:

- Melhor alternativa: Incineração com aproveitamento energético
- Segunda melhor alternativa: Disposição em solo agrícola
- Terceira melhor alternativa: Disposição em aterro sanitário industrial

A aplicação do método na indústria de café solúvel levou cerca de 6 semanas. A escolha da incineração com aproveitamento energético foi à mesma escolha determinada durante um estudo realizado para decisão por parte da empresa. No entanto no estudo utilizando grupos de trabalho (método tradicional), foi necessário um

grande numero de pessoas de diversas áreas, as quais tiveram que se reunir para ponderar sobre a decisão em reuniões tipo *brainstorming*, e também por meio de estudos de viabilidade financeira realizadas pela área financeira da empresa. Este estudo levou cerca de 11 meses segundo relatos dos especialistas. Apesar dos resultados iguais, nota-se que o tempo usado no caso do método AHP foi sensivelmente menor.

No caso do estudo da indústria de embalagens e processamento de cereais, o método AHP resultou nas seguintes escolhas quanto à melhor alternativa tecnológica para destinação de seu lodo biológico:

- a) Melhor alternativa: Disposição em solo agrícola
- b) Segunda melhor alternativa: Incineração com aproveitamento energético
- c) Terceira melhor alternativa: Disposição em aterro sanitário industrial

No caso da empresa de processamento de grãos e cereais, a aplicação do método levou 2 semanas. Por outro lado, no método tradicional (*brainstorming* e estudos de viabilidade financeira), o resultado havia sido o mesmo (melhor escolha – destinação em solo agrícola), mas o tempo de análise havia sido maior (cerca de 4 meses).

## CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

A alternativa apontada como a melhor para a destinação de lodo biológico foi, para o caso da indústria de café solúvel, hierarquicamente em primeiro lugar, a incineração com aproveitamento energético, seguida da disposição em solo agrícola e da disposição em aterro sanitário industrial.

No caso da indústria de embalagens e processamento de cereais, a alternativa apontada como a melhor para a destinação de lodo biológico foi definida hierarquicamente em primeiro lugar, a disposição em solo agrícola, seguida da incineração com aproveitamento energético e da disposição em aterro sanitário industrial.

Não foi possível determinar se o fato dos especialistas das 2 empresas estudadas já ter tomado uma decisão inicial sobre o destino do lodo biológico, tornou a opinião dada nos questionários tendenciosa, fazendo com que marcassem pontuações mais altas para as alternativas e critérios mais significativos para as escolhas já feitas anteriormente.

Presume-se que o uso de uma escala numérica como a proposta por Saaty, tenha contribuído para reduzir a subjetividade nas decisões dos especialistas. Este fator foi citado por eles como um ponto positivo do método, pois permitiu dar um “valor” a opinião, e não simplesmente passar uma sensibilidade baseado em opiniões pessoais sobre as decisões tomadas.

O fato de o método ter uma forma de checar a consistência dos julgamentos (RC – Razão de consistência), também foi avaliado como positivo, e permitiu em um dos casos estudados (indústria de café solúvel), reavaliarem uma opinião dada que depois se mostrou inconsistente pelos próprios especialistas, podendo ser refeita e assim melhorando a coerência e reduzindo a subjetividade na avaliação.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANDREOLI, C. V.; VON SPERLING, M.; FERNANDES, F. **Lodo de esgotos: tratamento e disposição final**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMG; Curitiba: SANEPAR, 2001; Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, volume. 6.
2. CAVALCANTI, J.E.W. **Manual de tratamento de efluentes industriais**. São Paulo, SP: Engenho Editora Técnica, 2009. 453p.
3. COSTA, Helder Gomes. **Introdução ao método de análise hierárquica**: análise multicritério no auxílio à decisão. Niterói: H.G.C., 2002.
4. METCALF & EDDY – **Wastewater Engineering: Treatment and Reuse**. 4a ed. Boston: Mc Graw Hill, 2003, 1819 p.
5. PAMPLONA, Edson de O.; SALOMON, Antonio Pamplona; MONTEVECHI, J. Arnaldo Barra; **Artigo apresentado no 19º ENEGEP**. Rio de Janeiro, RJ, 1999.

6. SAATY, T. L. **Método de análise hierárquica**. Rio de Janeiro: Makron Books; McGraw-Hill, 1991.
7. TREVIZANO, Waldir Andrade; FREITAS, André Luíz Policani. **Emprego do Método da Análise Hierárquica (A.H.P.) na seleção de Processadores**. In: XXV Encontro Nac. de Engenharia de Produção – Porto Alegre, RS, Brasil, 29 outubro, 2005. DI BERNARDO, L, Comunicação pessoal sobre Técnicas de Tratabilidade, 1993/1995.