



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO DESPORTO
Universidade Federal de Ouro Preto
Escola de Minas
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mineral – PPGEM

OTIMIZAÇÃO TÉCNICO-ECONÔMICA DE CIRCUITOS DE FLOTAÇÃO

Autor: **ROBERT CRUZOALDO MARIA**

Orientador: **Prof. Dr. JOSÉ AURÉLIO MEDEIROS DA LUZ**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Departamento de Engenharia de Minas da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto, como parte integrante dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Minas.

Área de concentração: **Tratamento de Minérios**

Ouro Preto / agosto de 2009

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

ROBERT CRUZOALDO MARIA

**OTIMIZAÇÃO TÉCNICO-ECONÔMICA DE CIRCUITOS DE
FLOTAÇÃO**

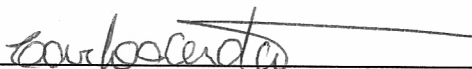
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mineral
Área: Tratamento de Minérios
Orientador: Prof. José Aurélio Medeiros da Luz

Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP
2009

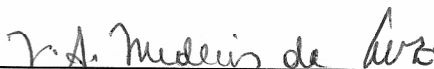
“OTIMIZAÇÃO TÉCNICO-ECONÔMICA DE CIRCUITOS DE FLOTAÇÃO”

AUTOR: ROBERT CRUZOALDO MARIA

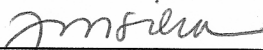
Esta dissertação foi apresentada em sessão pública e aprovada em 31 de agosto de 2009, pela Banca Examinadora composta pelos seguintes membros:



• Prof.^a. Dr.^a. Carla Maria Mendes Lacerda (Membro) – IFMG



• Prof. Dr. José Aurélio Medeiros da Luz (Orientador) – UFOP



• Prof. Dr. José Margarida da Silva (Membro) – UFOP

*Dedico este título a toda minha
família. São os grandes
responsáveis por minhas
conquistas.*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus;

A todos os familiares que sempre estiveram presentes nesta longa jornada: pai e mãe, pela educação e ensinamentos, Cristiano, Bruno e Thiago pelo apoio e incentivo, Nicolay e Rafaela, minhas queridas;

Ao professor José Aurélio pela orientação de forma precisa e toda a atenção dedicada;

A todos os professores do PPGEM – Programa de Pós-graduação em Engenharia Mineral pela minha nova formação profissional e crescimento pessoal;

Ao Marcelo e à Leila, da secretaria do PPGEM;

À CAPES, órgão financiador da pesquisa;

Aos amigos da UFOP e de Ouro Preto pelo companheirismo;

Finalmente, a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a conclusão deste trabalho.

RESUMO

A flotação é um dos mais importantes e mais utilizados processos de separação de minerais. Para se promover a otimização completa de um circuito de flotação para o tratamento de um determinado minério deve-se considerar suas características técnicas e econômicas. Desta forma, o presente trabalho tem como objetivo propor o desenvolvimento de um aplicativo como forma de suprir as necessidades das empresas no que diz respeito ao cálculo da vida útil econômica dos equipamentos de flotação. Para tanto, inicialmente fez-se uma breve contextualização histórica dos sistemas de flotação e os princípios básicos deste processo. Em seguida, mostra-se o papel dos reagentes e das máquinas de flotação para o se alcançar êxito na mesma. Na sequência, abordou-se os conceitos de substituição de equipamentos e a determinação da vida útil econômica de bens de capital através do custo anual uniforme equivalente (CAUE). Por fim, criou-se um aplicativo capaz de estimar a vida útil de equipamentos de flotação, o que auxiliará os gestores no processo de decisão do momento oportuno de se substituir tais equipamentos.

Palavras-chave: Equipamentos de flotação; vida útil econômica; CAUE.

ABSTRACT

The flotation is one of the most important and used processes for the minerals separation. It's imperative to take in account economic and technical features to promote the optimization of a flotation circuit. Thus, this work has aimed to develop a computer system in order to meet the mining companies' needs for the calculation of the economic life of flotation equipments. Initially it was done a brief historical contextualization of flotation systems and the basic principles of this process. Then, it is showed the role of reagents and flotation machines for achieving successful at this process. Further, it was addressed the concepts of the replacement of equipment and an equation set was developed to estimate the capital cost and the operation and maintenance costs of equipment and applying the method of equivalent uniform annual cost (EUAC) for determining the appropriate time to replace such equipment.

Keywords: Flotation machine; economic life; EUAC.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO E RELEVÂNCIA	1
2.	OBJETIVOS	3
3.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
3.1.	O Sistema de Flotação.....	4
3.1.1.	História da flotação	4
3.1.2.	Princípios Básicos do Processo de Flotação	6
3.1.3.	Reagentes de Flotação	11
3.1.4.	Máquinas de Flotação	14
3.1.4.1.	Células Mecânicas	17
3.1.4.2.	Células Pneumáticas	18
3.1.4.3.	Colunas de Flotação.....	20
3.1.5.	Filtros	22
3.1.6.	Espessadores	26
3.2.	Análise Econômica.....	28
3.2.1.	Substituições de Equipamentos	30
3.2.2.	Razões da substituição de ativos fixos.....	31
3.2.3.	Vida útil e vida útil econômica	32
3.2.4.	Método do custo anual uniforme equivalente (CAUE)	34
3.2.5.	Custo de capital e custo de operação e manutenção	36
3.2.6.	Custo de capital e custo de operação de células de flotação.....	40
4.	METODOLOGIA	45
4.1.	Natureza da Pesquisa	45
4.2.	Classificação da Pesquisa	46
4.3.	Variáveis	46
4.4.	Considerações metodológicas.....	47
4.5.	Fluxograma da metodologia utilizada.....	48
4.6.	Desenvolvimento do <i>Software</i>	50
4.7.	Considerações Finais	55
5.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	56
5.1.	Formulação matemática para as células de flotação	56
5.2.	Formulação matemática para os filtros.....	59

5.3. Formulação matemática para os espessadores	60
5.4. O <i>software</i>	61
5.4.1. Inserindo equipamento	63
5.4.2. Excluindo, pesquisando ou exibindo equipamentos e gerando relatórios	70
5.5. Projeto hipotético de cálculo da vida útil econômica de um equipamento de flotação	72
5.5.1. Inserindo os dados no software	73
5.5.2. Realizando os cálculos e exibindo os resultados	76
6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	79
6.1. Conclusões	79
6.2. Recomendações	81
REFERÊNCIAS	83
ADENDO	88

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Fenômeno de captura (colisão mais adesão) de partículas.....	8
Figura 2: Fenômenos de colisão e adesão (1), formação de bolhas (2), aprisionamento de bolhas (3) e captura de partículas e agregados por microbolhas (4).....	10
Figura 3: Representação esquemática da célula Wemco	18
Figura 4: Desenho esquemático das células pneumáticas	19
Figura 5: Desenho esquemático de uma coluna de flotação	21
Figura 6: Filtração plana com formação de torta.....	23
Figura 7: Filtro Oliver.....	24
Figura 8: Filtro de disco rotativo	26
Figura 9: Espessador – corte típico.....	27
Figura 10: Representação da vida útil e da vida útil econômica.....	33
Figura 11: Custo de capital de certo equipamento.....	37
Figura 12: Fluxograma da metodologia utilizada	49
Figura 13: Etapas sistemáticas da metodologia de desenvolvimento do <i>software</i>	51
Figura 14: Estrutura geral do programa.....	54
Figura 15: Custo de capital dos espessadores.....	60
Figura 16: Tela inicial do programa.....	62
Figura 17: Menu Arquivo	62
Figura 18: Opções de escolha dos equipamentos	63
Figura 19: Opções de filtro e espessador	64
Figura 20: Informações gerais do equipamento.....	64
Figura 21: Mensagem de erro	65
Figura 22: Dados técnicos.....	65

Figura 23: Dados econômicos.....	66
Figura 24: Tela dos resultados obtidos	69
Figura 25: Excluir equipamento.....	70
Figura 26: Exibir dados do equipamento	70
Figura 27: Busca de equipamentos	71
Figura 28: Salvar o relatório gerado	71
Figura 29: Identificação do equipamento do caso hipotético	74
Figura 30: Dados técnicos do caso hipotético	75
Figura 31: Dados econômicos do caso hipotético	75
Figura 32: Resultados para o caso hipotético	76
Figura 33: Relatório gerado pelo <i>software</i> para o caso hipotético.....	77

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 – Evolução dos Sistemas de Flotação	5
Quadro 2 – Classificação das Máquinas de Flotação.....	16
Quadro 3 – Variáveis e Indicadores da Pesquisa	47
Quadro 4 – Rotina utilizada para o cálculo do CAUE.....	68
Quadro 5 – Sequência dos objetivos e ordem de inserção no trabalho.....	81

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

Aoc	Custo anual de operação
C	Despesas de manutenção e operação no primeiro ano
CaCN	Cianamida cálcica
CAEC	Custo anual equivalente de capital
CAEM	Custo anual equivalente de operação e manutenção
CaO	Óxido de cálcio (conhecido como cal)
CAUE	Custo anual uniforme equivalente
Cc	Custo de capital
CuSO ₄	Sulfato de cobre (II) ou Sulfato cúprico
D	Quociente entre o volume geométrico da célula e o volume de polpa
f	Taxa à qual as despesas de manutenção e operação, crescem período a período
F	Taxa de alimentação em m ³ /min
K	Parâmetro cinético de flotação em escala industrial
L	Receita de venda ao final de n períodos
M&S	Marshall and Stevens cost index
Na ₂ S	Sulfeto de sódio
NaOH	Hidróxido de sódio (conhecido como soda cáustica)
NaSH	Hidrossulfeto de sódio
O _h	Custo horário de operação por m ³ de volume de célula (\$/hm ³)
P	Custo total de aquisição, incluindo transporte e instalação
Pa	Probabilidade de adesão entre partículas hidrofóbicas e bolhas de ar
Pc	Probabilidade de colisão partícula-bolha

PC	Consumo de energia
Pf	Probabilidade da flotação
Ps	Probabilidade de formação de um agregado partícula-bolha estável
R_{∞}	Recuperação máxima teórica
T	Tempo médio de residência
T_{Aoc}	Custo total de operação por ano
Tcc	Custo de capital total de N células em série
TMA	Taxa Mínima de Atratividade
V	Volume geométrico da célula
v	Volume da polpa
VAUE	Valor anual uniforme equivalente
VPLa	Valor presente líquido anualizado

1. INTRODUÇÃO E RELEVÂNCIA

A indústria mineral, que está inserida em um mercado globalizado, necessita cada vez mais operar com o máximo desempenho econômico, com produtos de alta qualidade e ao mesmo tempo promover redução de custos para se tornar mais competitiva.

Neste sentido, o desenvolvimento da indústria mineral nas últimas décadas não teria sido possível sem a descoberta do processo de flotação, principalmente devido à redução das reservas de alto teor e ao aumento da demanda mundial de metais e outros bens minerais. Desta forma, os processos de concentração ganharam aceitação geral pelas empresas produtoras.

Segundo Oliveira (2003), os processos físicos tradicionais, gravíticos, magnéticos e eletrostáticos, em grande parte baseados nas propriedades naturais dos minerais, não teriam possibilitado a escala de produção necessária dos metais básicos – cobre, chumbo, zinco e níquel – a partir dos sulfetos minerais. Também não teria sido possível a produção atual dos metais nobres, nem a produção do fosfato necessário ao desenvolvimento da agricultura. Até mesmo grande parte da produção mundial de minério de ferro, necessário à produção de aço nos níveis de consumo atual, só se tornou possível nas últimas décadas com a utilização em larga escala do processo de flotação.

De acordo com Abu-Ali e Sabour (2003), a otimização das plantas de mineração não podem ser baseadas somente em considerações técnicas. Para estes autores, ao se planejar um circuito de flotação para o tratamento de um determinado minério, a recuperação mineral, o volume e o número de células no circuito deve ser otimizado com base em considerações técnicas e econômicas.

Diante da importância da flotação, torna-se necessário fazer uma análise da vida econômica dos equipamentos envolvidos neste processo. Para as empresas serem competitivas é necessário estar atentas às inovações tecnológicas e gerenciais. No campo da economia, isso passa por métodos de análise de alternativas de investimentos, objeto de estudo e discussão desse trabalho. Assim, de acordo com Halbe e Smolik (2003), a compreensão e a correta aplicação desses métodos são hoje universalmente vistas como indispensáveis para melhor alocação dos escassos recursos disponíveis.

As empresas, além de satisfazerem as necessidades de seus clientes, devem administrar seus recursos, principalmente os seus ativos permanentes. Entretanto, não basta às empresas suprirem as necessidades do mercado consumidor, elas também devem trazer retorno aos seus investidores, sócios ou acionistas, visto que os mesmos estão interessados nos resultados de seus empreendimentos.

Deste modo, desenvolve-se o presente trabalho como forma de suprir as necessidades das empresas no que diz respeito ao cálculo da vida útil econômica dos equipamentos de flotação.

2. OBJETIVOS

O objetivo principal é propor uma ferramenta de análise de permutação de ativos fixos que auxilie a empresa na tomada de decisão, utilizando o método do custo anual uniforme equivalente (CAUE), que determinará o momento ótimo de substituição dos equipamentos de flotação, ou seja, calculará a vida útil econômica dos mesmos.

Como objetivos específicos podem-se citar:

- Realizar uma revisão bibliográfica sobre o processo de flotação, incluindo seus princípios básicos, os reagentes utilizados no processo bem como as máquinas de flotação;
- Verificar no estado da arte as análises de substituição de equipamentos, considerando a sua vida econômica;
- Propor uma ferramenta de análise de substituição de equipamentos de flotação, utilizando o método do custo anual uniforme equivalente;
- Elaborar um *software* que faça o cálculo da vida útil econômica destes equipamentos.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo apresenta a base teórica à sustentação conceitual para o tema em estudo. Para tanto, abordou-se o sistema de flotação, os princípios básicos do sistema de flotação, os reagentes, as máquinas de flotação, filtros e espessadores. Na sequência conceituou-se análise econômica, com destaque para a relação entre vida útil e vida econômica e por fim o método do custo anual uniforme equivalente (CAUE).

3.1. O Sistema de Flotação

3.1.1. História da flotação

As primeiras operações de processamento mineral utilizando o processo de flotação datam do início do século passado. De acordo com Silva *apud* Peres (2005), o processo de flotação foi reconhecido como um método de separação de partículas (minérios) no início do século XX. Em 1901 na Austrália e em 1902 na Itália, Charles Potter e Alcides Froment, respectivamente, verificaram de forma independente que a presença de bolhas de gás poderia ser um agente ideal para flotar as partículas hidrofóbicas. Uma patente nos Estados Unidos foi concedida em 1905 para um processo utilizando aeração a pressão, seguida pelo alívio de pressão. O quadro 1 mostra cronologicamente a evolução dos sistemas de flotação.

Pelo quadro 1, apresentado a seguir, pode-se constatar que, em cento e vinte anos, observou-se um desenvolvimento contínuo da tecnologia envolvida, decorrente de

investimentos em pesquisa, principalmente durante as décadas de sessenta e setenta. Como consequência, nos últimos trinta anos, as aplicações do processo de flotação se multiplicaram. No Brasil, a flotação desempenhou um papel fundamental para o crescimento da indústria mineral, principalmente para as indústrias de fosfato e de minério de ferro.

Quadro 1 – Evolução dos Sistemas de Flotação

ANO	PESSOA / PAÍS	DESENVOLVIMENTO
1860	Hayness / Inglaterra	Flotação em óleo, avaliação das diferenças de flotabilidade de minerais
1898	Elmore / Inglaterra	Primeiro processo industrial de flotação em óleo (País de Gales)
1901-2	Potter / Austrália Froment / Itália	Flotação por espuma com pouco óleo, espuma gerada por acidulação (carbonato)
1905	Bavais / Austrália	Primeiro processo industrial de flotação pelicular na Austrália
1910	Houwer / Inglaterra	Criação da máquina de flotação por espuma com agitação mecânica e aspiração de ar
1929	Gaudin / EUA	Controle de pH na flotação por espuma
1910-30	Vários	Desenvolvimento de diversos reagentes, coletores, espumantes e aditivos
1961	Tremblay e Boutin / Canadá	Desenvolvimento da coluna de flotação
1980	Canadá, Austrália, América do Sul e África do Sul	Aplicação da coluna de flotação em escala industrial

Fonte: Guimarães e Peres *apud* Peres (2005, p.87)

A flotação em espuma, ou simplesmente flotação, segundo Greet *et al* (2004), é um processo de separação aplicado a partículas sólidas que explora diferenças nas características de superfície entre as várias espécies presentes, isto é, o processo de separação por flotação baseia-se no controle de hidrofobicidade diferencial dos minerais dispersos numa polpa, através da utilização de reagentes químicos específicos.

Sua aplicação estende-se a uma grande variedade de processos, tais como: separação de minérios, clarificação de efluentes de papel e celulose, efluentes de refinarias,

efluentes de coletores universais de esgotos e pluviais, tratamento terciário de esgotos municipais, adensamento de lodos municipais e industriais e outros. Especificamente, no caso da indústria mineral, é aplicada no tratamento de minérios com características diversas no que diz respeito à granulometria, à composição química e mineralógica e, principalmente, às diferentes propriedades físico-químicas de superfície dos minerais constituintes.

Para Oliveira (2003), o grande avanço na utilização da flotação pela indústria mineral ocorreu a partir da introdução de xantatos na flotação seletiva dos sulfetos. Atualmente, ainda em consonância com o autor supracitado, cerca de 95% da produção mundial de cobre, níquel, chumbo e zinco é obtida através deste processo. A flotação dos óxidos e silicatos teve uma evolução bem mais lenta, e muitos dos problemas envolvidos, como a recuperação dos finos, encontram-se, ainda hoje, em estudo. Isto não impediu sua larga utilização na industrialização de rocha fosfática e de minério de ferro, além da recuperação parcial de praticamente todos os minerais de interesse econômico. A seguir, apresentam-se os princípios básicos do processo de flotação.

3.1.2. Princípios Básicos do Processo de Flotação

A separação por flotação, segundo Monte e Peres (2004, p. 81)

[...] é caracterizada pelo envolvimento das fases sólida, líquida e gasosa. Desse modo, para a compreensão desse processo, é necessário estudar as propriedades físico-químicas de superfície, estabelecendo a natureza e a ligação entre as interfaces sólido-líquido, sólido-gás e gás-líquido.

Assim, é de se esperar que a eficiência do processo dependa da seletividade, a qual se baseia no fato de diferentes espécies minerais poderem apresentar (naturalmente ou de modo induzido) diferentes graus de hidrofobicidade.

O conceito de hidrofobicidade de uma partícula, de acordo com Wills (1992), pode ser entendido como a propriedade das espécies de ter maior afinidade pela fase gasosa que pela fase polar (água). Dependendo das características da superfície das partículas, estas podem ter propriedades hidrofóbicas ou hidrofílicas facilitando a separação seletiva no processo de flotação. As partículas que apresentam uma grande afinidade pela água tendem a ficar em solução. As outras, na presença de uma corrente de ar, tendem a ir para superfície da solução justamente por não apresentarem afinidade com a água.

Nos sistemas de flotação, a fase líquida é sempre a água, que é uma espécie polar, e a fase gasosa é, em geral, o ar, o qual é composto por moléculas apolares. Portanto, teoricamente é possível promover a separação entre as partículas hidrofílicas e hidrofóbicas fazendo-se passar um fluxo de ar através de uma polpa contendo os dois tipos de espécies.

Esta situação é ilustrada pela figura 1. Nota-se que as partículas hidrofóbicas seriam carregadas pelo ar e as partículas hidrofílicas permaneceriam em suspensão.

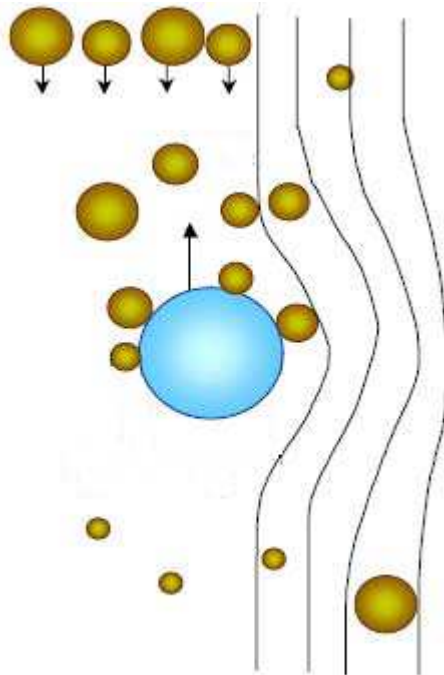


Figura 1: Fenômeno de captura (colisão mais adesão) de partículas
Fonte: Rubio e Matiolo *apud* Schoenhals (2006, p.35)

Durante análises experimentais, verificou-se que, em alguns casos, a flotação das partículas, mesmo estando em condições termodinâmicas favoráveis, não ocorria. Para Laskowski *apud* Monte e Peres (2004), este fato está ligado a outros critérios que, por sua vez, correlacionam-se à cinética e à hidrodinâmica do sistema de flotação, que também devem ser satisfeitos, quais sejam:

- As partículas devem colidir com as bolhas;
- O filme de separação na interface partícula-bolha (camada de hidratação residual que decresce com a hidrofobicidade da partícula) deve ser o mais fino possível e romper durante o tempo de colisão;
- O agregado partícula-bolha deve ser resistente o suficiente para permanecer intacto na célula de flotação, até a retirada da espuma.

Assim, a influência da probabilidade destes fenômenos na flotação é dada por Hornsby e Leja *apud* Monte e Peres (2004) e ilustrada pela figura 2:

$$P_f = P_a * P_c * P_s \quad \text{Equação (1)}$$

onde:

P_f = probabilidade da flotação;

P_a = probabilidade de adesão entre partículas hidrofóbicas e bolhas de ar;

P_c = probabilidade de colisão partícula-bolha;

P_s = probabilidade de formação de um agregado partícula-bolha estável.

A probabilidade de adesão, P_a , está diretamente relacionada ao ambiente químico predominante em um dado sistema de flotação e envolve as seguintes etapas (Sena, 2005):

- Indução, tempo que leva, após a colisão, para se localizar no ponto onde ocorre a adesão propriamente dita, que é da ordem de milissegundos;
- Ruptura do filme ou película líquida que é da ordem de microssegundos e depende basicamente do ângulo de contato;
- Deslocamento do filme até o ponto de equilíbrio, em milissegundos.

A probabilidade de colisão partícula-bolha, segundo Schoenhals (2006), é basicamente controlada pela hidrodinâmica do sistema e sofre influência direta do tamanho da bolha e da partícula. Para Sena (2005), a probabilidade de colisão é função do movimento relativo de partículas e bolhas, controlado pelos seguintes fatores:

- Força de cisalhamento (líquido – partículas);
- Força de atração gravitacional;

- A inércia e/ou *momentum* (quantidade de movimento) das partículas (partículas grossas);
- A difusão ou movimento browniano (partículas ultrafinas).

Por fim, a probabilidade formação de um agregado partícula-bolha estável, P_s , de acordo com Monte e Peres (2004), apresenta uma relação direta entre a força de adesão do agregado partícula-bolha e o ângulo de contato. Quanto maior o valor do ângulo, maior é esta força e, neste caso, maior é o valor de P_s na equação 1.

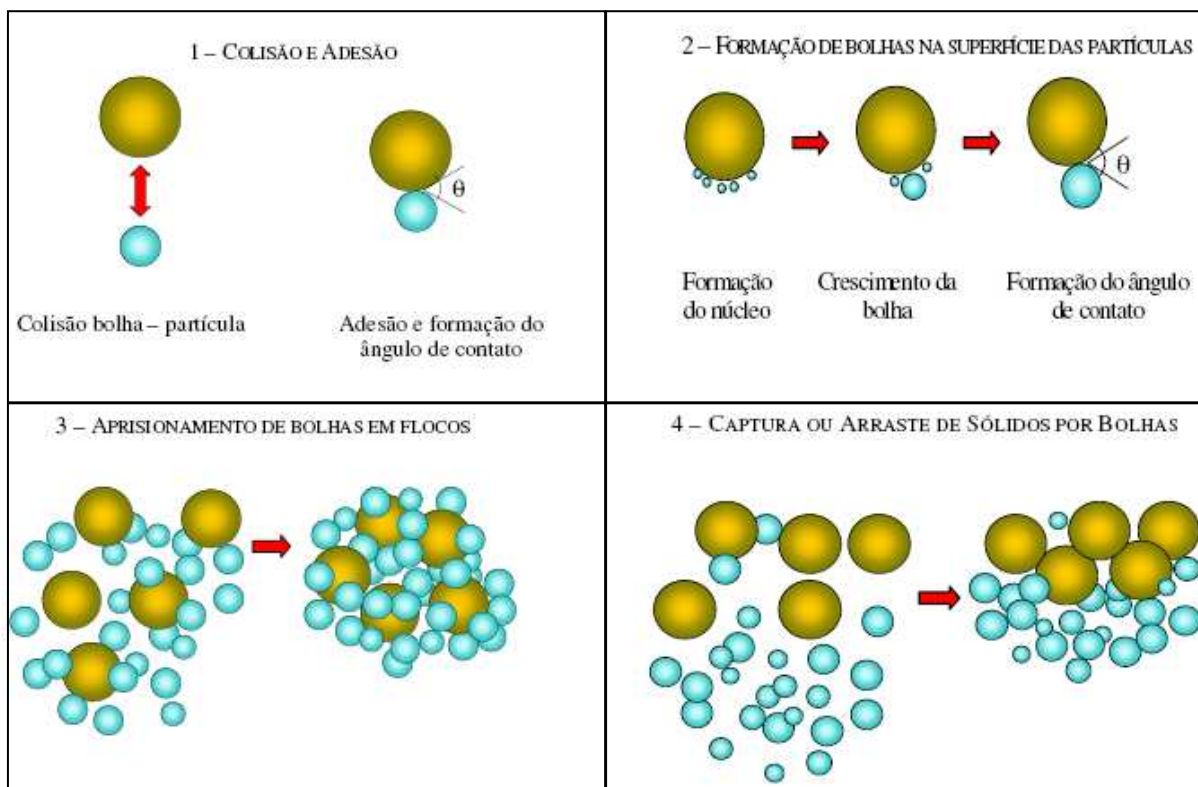


Figura 2: Fenômenos de colisão e adesão (1), formação de bolhas (2), aprisionamento de bolhas (3) e captura de partículas e agregados por microbolhas (4)
 Fonte: Rubio *et al apud* Sena (2005, p.17)

Ressalta-se que a grande maioria dos minerais encontrados na natureza é naturalmente hidrofílico. No entanto, estes minerais podem ter sua superfície modificada de hidrofílica para hidrofóbica através da adsorção de reagentes. Assim sendo, o papel dos

coagulantes, floculantes e modificadores de carga se sobressaem visando o alcance de uma maior eficiência no processo.

3.1.3. Reagentes de Flotação

Os reagentes de flotação, de acordo com Leja (1982), são compostos inorgânicos ou orgânicos empregados na flotação com o propósito de controlar as características das interfaces. Ainda segundo o autor supramencionado, qualquer espécie orgânica ou inorgânica que apresente tendência a concentrar-se em uma das cinco interfaces possíveis (líquido/gás, líquido/líquido, sólido/líquido, sólido/gás e sólido/sólido) é um agente ativo na superfície. Podem ser classificados de acordo com seu papel no processo, em coletores, espumantes e modificadores ou reguladores.

Alguns desses reagentes podem ser de custo elevado ou podem ser ineficientes para a separação seletiva de minerais de baixo teor (Fuerstenau, 1999; Namita e Natarajaan, 1999; Torem e Casquiera, 2003; Sharma e Rao, 2003; Pearse, 2005 *apud* Botero *et al*, 2008). Portanto, busca-se continuamente obter reagentes de menor custo sem que o mesmo comprometa a seletividade do processo, isto é, respeitando os limites de especificação de impurezas e de recuperação metalúrgica.

Os surfactantes mais importantes em relação à flotação, segundo Leja (1982), podem ser agrupados em três classes:

- Tio-compostos – sendo que agem primariamente como coletores de sulfetos metálicos;

- Compostos ionizáveis não-tio – que podem agir como coletores ou como espumantes;
- Compostos não iônicos – que agem primariamente como espumantes.

Para Peres *et al* (2005), de acordo com o seu papel no processo de flotação, os reagentes são tradicionalmente classificados em coletores, espumantes e modificadores.

Os coletores são os reagentes mais importantes empregados na flotação, os quais têm uma estrutura molecular característica composta de uma porção de natureza molecular covalente e outra iônica. A porção covalente é sempre uma cadeia orgânica de comprimento variável, podendo ser ramificada ou cíclica (Wills, 1992). Segundo Oliveira *et al* (2004), os coletores são reagentes que atuam na interface sólido-líquido, alterando a característica da superfície mineral de hidrofílica para hidrofóbica.

Ainda de acordo com estes autores, na flotação de sulfetos, os coletores mais aplicados são os xantatos, *aerofloats* e DOW Z-200, sendo que, os grupos não polares desses tio-compostos são geralmente radicais de hidrocarboneto de cadeia curta – etila (C_2H_5), octila (C_8H_{17}), fenila (C_6H_5), ciclohexila (C_6H_{11}), e várias combinações de cadeias ramificadas e grupos de alquila e arila.

Peres *et al* (2005) afirmam que uma característica importante a ser observada em relação aos coletores é a compatibilidade entre seu preço e os custos de operação. Na maioria dos casos são manufacturados a partir de matérias primas naturais ou subprodutos de processos da indústria química.

No entanto, a concentração de coletor requerida para a hidrofobização pode não ser a mais adequada para a produção ideal de espuma. Por isso, torna-se necessário a utilização dos espumantes.

Em consonância com Oliveira *et al* (2004), os espumantes são reagentes utilizados na flotação com a finalidade de reduzir a tensão interfacial líquido gás, o que promove uma maior estabilidade das bolhas de ar e, conseqüentemente, dão condições à realização da separação. Para serem efetivos, esses reagentes devem apresentar alguma solubilidade em água.

Monte e Peres (2004) acreditam que as propriedades espumantes dos mesmos “podem estar associadas aos grupos funcionais, tais como, hidroxila (-OH), carboxila (-COOH), íon carboxilato (-COOR) e carbonila (-CO). As aminas, os sais quaternários de amônio, sulfatos, sulfonatos e os ácidos graxos (geralmente são incluídos em sua composição ácidos oléico, linoléico e linolênico) apresentam uma dupla função (coletor e espumante), pois formam espumas estáveis e muitas vezes persistentes, se usados em concentrações muito altas”.

Os modificadores (ou reguladores) possuem a finalidade aumentar ou de reduzir a flotabilidade de uma dada espécie, proporcionando uma separação mais seletiva. Nesta classe de reagentes encontram-se os ativadores, depressores e desativadores utilizados no processo de flotação.

Oliveira *et al* (2004) definem ativadores como sendo os reagentes que facilitam explicitamente a adsorção do coletor sobre um dado mineral. Afirmam também que os depressores são os reagentes capazes de aumentar a afinidade da partícula pela água, tendo, portanto, um efeito oposto ao dos ativadores. Por fim, os desativadores são reagentes adicionados aos sistemas de flotação capazes de remover um ativador da superfície de um dado mineral, tornando-a menos propensa a reagir com o coletor.

Segundo Monte e Peres (2004), um grande número de reagentes inorgânicos serve como agentes reguladores controlando o valor do pH (CaO, NaOH, H₂SO₄, entre outros) e outros que modificam seletivamente a superfície do mineral favorecendo a ação do coletor (NaSH, Na₂S, CuSO₄, CaCN, entre outros).

3.1.4. Máquinas de Flotação

A importância da flotação como processo de concentração de minerais, conforme Guimarães e Peres *apud* Peres (2005), tem provocado o desenvolvimento e aprimoramento das máquinas de flotação. Existe uma diversidade de aplicações em minérios de diferentes granulometrias, teores e condições operacionais.

As máquinas de flotação devem ser capazes de realizar uma série de funções simultâneas com o objetivo de obter uma maior eficiência no processo de concentração, ou seja (Oliveira *et al*, 2004):

- Manter as partículas minerais em suspensão - para isso é necessário que a polpa esteja submetida a um determinado grau de agitação, de tal forma que a velocidade ascendente das partículas na polpa seja superior à sua velocidade de sedimentação;
- Gerar e dispersar as bolhas de ar - devem ser geradas bolhas com tamanho adequado à coleta de partículas de diferentes tamanhos. Além disso, as máquinas de flotação devem promover uma boa dispersão das bolhas de ar em toda polpa, favorecendo o contato partícula-bolha;

- Coletar seletivamente e transportar o mineral de interesse - promover a colisão eficiente das partículas minerais com as bolhas de ar para que ocorra a adesão seletiva das partículas hidrofóbicas às bolhas e o movimento ascendente do agregado partícula-bolha para a camada de espuma.

Ainda em consonância com Oliveira *et al* (2004), existe uma grande variedade de equipamentos de flotação com diferentes características. Os principais fatores a serem considerados na avaliação da performance de um equipamento de flotação são:

- Desempenho representado por teor e recuperação do mineral de interesse;
- Capacidade (em toneladas por hora) de alimentação de sólidos por unidade de volume;
- Custos operacionais por tonelada de sólidos alimentada;
- Facilidade de operação.

As máquinas de flotação podem ser classificadas em três classes: células mecânicas, células pneumáticas e colunas. O quadro 2 apresenta esta classificação e suas variações de acordo com fabricantes.

Quadro 2 – Classificação das Máquinas de Flotação

Células mecânicas	Cell-To-Cell : Denver Sub-A
	Open-Flow : Aker. Booth. Denver DR. Wemco
	Sem Classificação: Maxwell
Células pneumáticas	Com Tela: Forrester. Welsch
	Sem Tela: Callow. Mac Intosh
	Separador de Espumas
	Davcra
	Ekof-Bahr
	Ash/Mash/Centrifloat
	Air-Sparged-Hydrocyclone
Colunas de flotação	Coluna Canadense
	Norton-Leeds
	Flotaire
	Hydrochen
	Packed Bed Column
	Jameson
	Colunas Russas e Chinesas

Fonte: Guimarães e Peres *apud* Peres (2005, p.107)

3.1.4.1. Células Mecânicas

As células mecânicas foram as primeiras a serem desenvolvidas para utilização no processo de concentração de minérios por flotação. De acordo com Guimarães e Peres *apud* Peres (2005), as primeiras células mecânicas foram do tipo “*cell to cell*”, porém, devido à complexidade do projeto e ao seu elevado custo de construção foram desenvolvidas as células “*open flow*”.

As células mecânicas convencionais são tanques que recebem a alimentação por um de seus lados e descarregam o afundado pelo lado oposto e a espuma pela sua parte superior. Dentro da célula é instalado um rotor acionado e suspenso por um eixo. O rotor, segundo Chaves *et al* (2004) é responsável por impedir as partículas de sedimentar, e com seu movimento intenso de rotação gera uma pressão negativa no interior da célula, fazendo com que o ar atmosférico seja aspirado através do tubo que envolve o eixo de acionamento do rotor. Sendo assim o rotor tem a função de agitar e aerar a polpa. Junto do rotor existe uma peça chamada de estator responsável por quebrar as bolhas de ar gerando um grande número de bolhas de pequeno diâmetro.

A figura 3 ilustra uma máquina de flotação Wemco do tipo “*cell to cell*”, utilizada nos circuitos de flotação da Fosfértil, uma empresa.

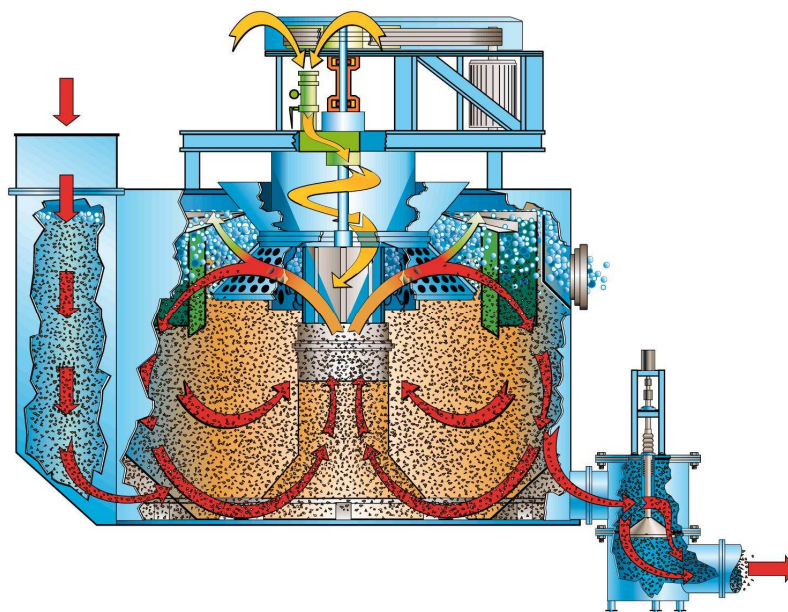


Figura 3: Representação esquemática da célula Wemco
Fonte: Oliveira *et al* (2004, p.37)

Guimarães e Peres *apud* Peres (2005) afirmam que máquinas do tipo “*cell-to-cell*” apresentam suas maiores aplicações em usinas de pequena capacidade com muitos estágios de limpeza principalmente de partículas finas. Já para Oliveira *et al* (2004), as células tipo “*open flow*” têm uma maior aplicação e, portanto, estão sendo fabricadas por diferentes companhias apresentando detalhes construtivos específicos. A principal diferença de um fabricante para outro consiste na geometria do tanque e no desenho do rotor (impelidor e difusor).

3.1.4.2. Células Pneumáticas

Surgiram com o objetivo de suprir algumas deficiências das células mecânicas. Segundo Guimarães e Peres *apud* Peres (2005) estas se diferenciam das células mecânicas por não apresentarem impelidores para agitação e nem peças móveis. A agitação e aeração da polpa são promovidas por ar comprimido, o que leva a um elevado consumo energético.

Porém há uma menor turbulência no interior da célula o que permite a flotação de partículas mais finas do que geralmente a célula mecânica é capaz.

O princípio básico das células pneumáticas, conforme Oliveira *et al* (2004), consiste na geração e dispersão das bolhas de ar na polpa, independente do sistema de agitação da célula. Uma representação esquemática dessas células está apresentada na figura 4.

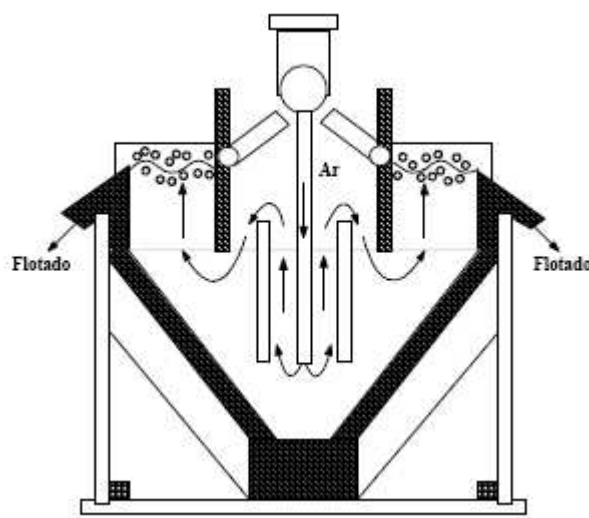


Figura 4: Desenho esquemático das células pneumáticas
Fonte: Oliveira *et al* (2004, p.41)

De acordo com Silva *apud* Peres (2005), as células pneumáticas podem ser classificadas de acordo com o sistema de injeção de ar em:

- Máquinas com tela, nas quais o ar é injetado na parte inferior do equipamento, através de um fundo poroso ou um rotor oco revestido por uma camisa perfurada.
- Máquinas sem tela, nas quais o ar é injetado na parte superior do equipamento de modo a promover intensa circulação da polpa.

Guimarães e Peres *apud* Peres (2005) ressaltam que essas máquinas não apresentam muitas aplicações no mundo ocidental.

3.1.4.3. Colunas de Flotação

Nas últimas décadas tornou-se necessário lavrar jazidas de minérios com baixos teores e este fato proporcionou grandes dificuldades em promover a sua concentração. Para Guimarães e Peres *apud* Peres (2005) as exigências de melhor qualidade e menor custo impostas pelo mercado juntamente com o empobrecimento das jazidas, impulsionaram o desenvolvimento de máquinas de flotação mais adaptadas a esta situação.

A introdução da coluna no processo de concentração por flotação significou um avanço na indústria mineral. Ainda de acordo com os autores supracitados, a coluna, tal como a atualmente utilizada, foi desenvolvida no início da década de 60 por Boutin e Tremblay, que registraram no Canadá outra patente utilizando a coluna na flotação reversa de sílica de minério de ferro. A partir de então, foram realizados os primeiros estudos experimentais em escala de laboratório por Wheeler e Boutin.

Segundo Oliveira *et al* (2004, p.43),

“a coluna convencional apresenta características diferentes da célula mecânica principalmente no que se refere à capacidade de geração de bolhas pequenas, às condições hidrodinâmicas de baixa turbulência e à possibilidade de eliminação do material hidrofílico arrastado para a espuma através da adição de água de lavagem”.

A figura 5 mostra um desenho esquemático de uma coluna de flotação. Guimarães e Peres *apud* Peres (2005) afirmam que a coluna de flotação consiste em duas zonas distintas: a zona de coleta ou recuperação e a zona de limpeza.

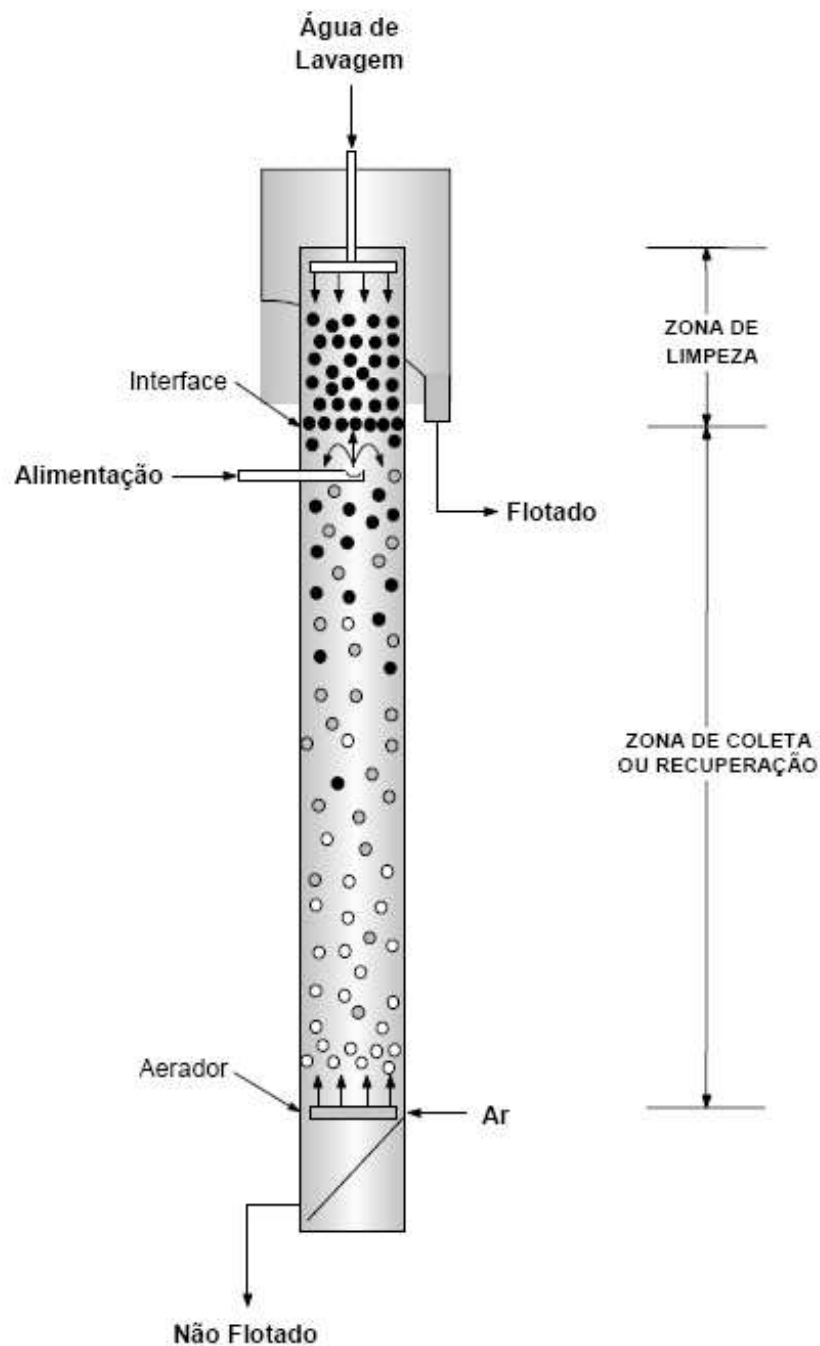


Figura 5: Desenho esquemático de uma coluna de flotação
 Fonte: Oliveira e Aquino (2005, p.47)

A seção de coleta ou recuperação está compreendida entre o ponto de geração de bolhas (aerador), na base da coluna, e a interface polpa-espuma. Nesta seção é realizada a coleta das partículas hidrofóbicas através do contato entre as partículas minerais

sedimentando, pela ação da gravidade, e as bolhas de ar em contracorrente, geradas e distribuídas na parte inferior do equipamento. Desta forma, as partículas hidrofóbicas vão para a camada de espuma e as hidrofílicas são removidas pela base da coluna.

A seção de limpeza está compreendida entre a interface polpa-espuma e o transbordo da coluna. Como o próprio nome diz, nessa seção ocorre a limpeza do material flotado, principalmente pela ação de filtro da camada de espuma e da água de lavagem adicionada no topo da coluna através de chuveiros internos ou externos proporcionando uma melhor seletividade.

De acordo com Guimarães e Peres *apud* Peres (2005), o diâmetro das colunas de flotação vem aumentando com o passar do tempo. Isto se deve ao fato dos circuitos apresentarem grande capacidade, sendo necessário a utilização de vários equipamentos em paralelo, o que proporcionaria um aumento dos investimentos e dos custos de operação e manutenção.

3.1.5. Filtros

A filtração é uma das aplicações mais comuns do escoamento de fluidos através de leitos compactos. O termo filtração pode ser utilizado para processos de separação dos sólidos de suspensões líquidas e, também para separação de partículas sólidas de gases.

De acordo com Massarani (2002), a denominada teoria científica da filtração foi desenvolvido nos últimos 40 anos pelas escolas ilustres de Frank M. Tiller (Universidade de Houston, Estados Unidos) e Mompei Shirato (universidade de Nagoya, Japão).

Seja a filtração plana como esquematizada na figura 6.

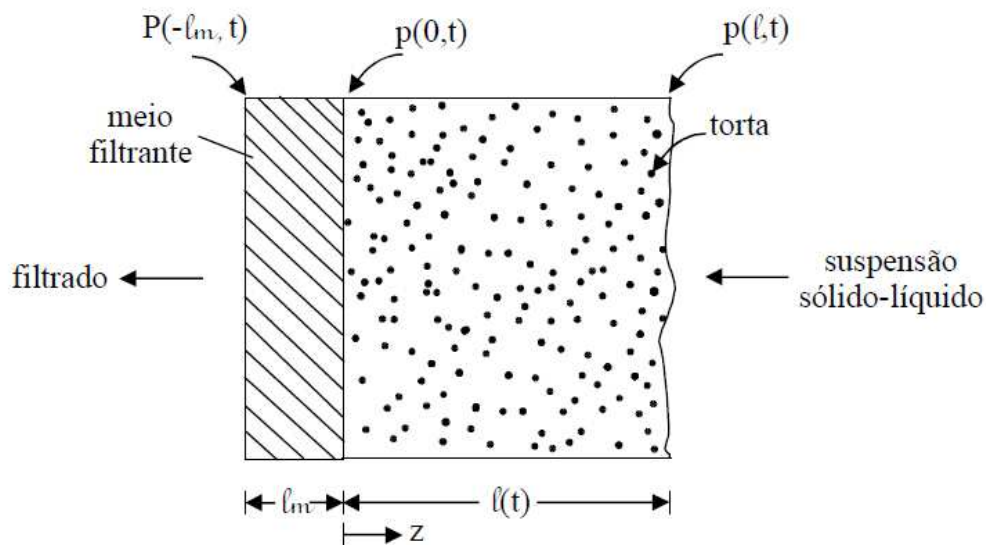


Figura 6: Filtração plana com formação de torta
 Fonte: Massarani (2002, p.127)

Considerando que o filtrado escoar através de dois meios porosos em série, que a torta cresce continuamente ao longo da operação pelo aporte de suspensão e que as propriedades da torta dependem da posição em relação ao meio filtrante e do tempo de filtração, Massarani (2002) apresenta uma equação de filtração na forma amplamente utilizada no projeto e análise de desempenho de filtros:

$$\frac{dt}{dV} = \frac{\mu_t}{A(\Delta p)} \left[\frac{\langle \alpha \rangle V p_f c}{A} + R_m \right] \quad \text{Equação (2)}$$

Onde:

- | | |
|---|---|
| T: tempo de filtração (θ) | Δp : queda de pressão no filtro ($M/L\theta^2$) |
| V: volume de filtrado (L^3) | $\langle \alpha \rangle$: resistividade média da torta (L/M) |
| A: área de filtração (L^2) | R_m : resistência do meio filtrante ($1/L$) |
| c: concentração de sólidos na suspensão que alimenta o filtro | |

Dentre os tipos de filtros existentes, destacam-se os filtros contínuos rotativos, que como o nome indica, são filtros de funcionamento contínuo, sendo indicados para operações que requerem filtros de grande capacidade. A saída de filtrado, a formação, a lavagem, a drenagem e a descarga da torta são realizadas automaticamente. Embora haja alguns tipos que funcionam sob pressão, estes filtros geralmente operam a vácuo. Os principais tipos existentes são tambor e discos.

O filtro de tambor rotativo (filtro Oliver) consta de um tambor cilíndrico horizontal que gira a baixa velocidade parcialmente submerso na suspensão a filtrar. A figura 7 ilustra este tipo de filtro.

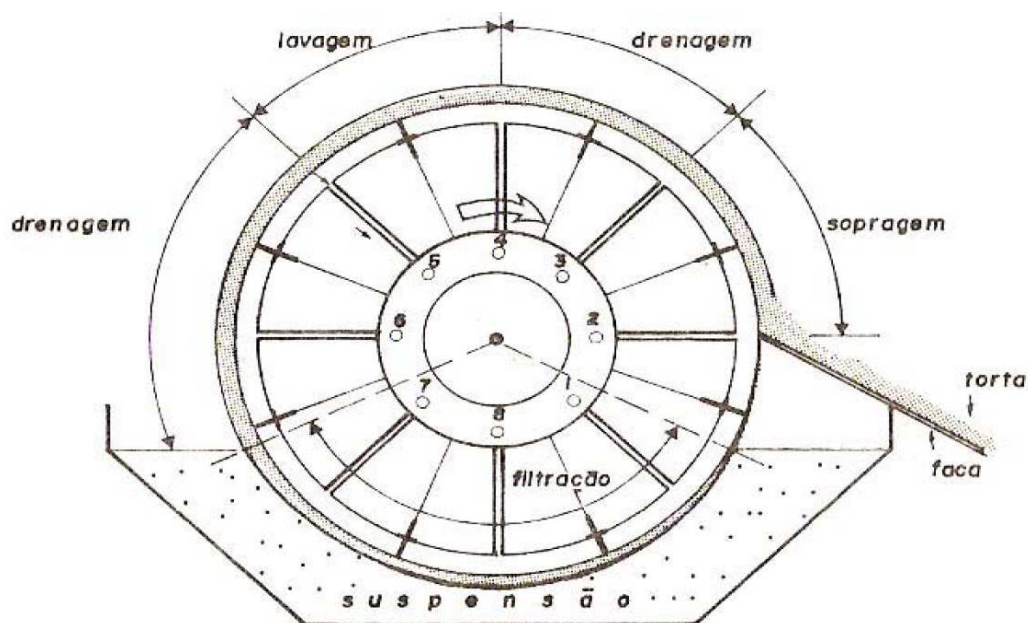


Figura 7: Filtro Oliver
Fonte: Muller (2009, p.15)

Segundo Muller (2009), a superfície externa do tambor é feita de tala ou metal perfurado sobre a qual é fixada a lona filtrante. O cilindro é dividido em um número de setores (8 a 24) por meio de partições radiais com o comprimento do tambor. Ligando estas partições há outro cilindro interno de chapa comum. Assim, cada setor é parte de um

compartimento que se comunica diretamente com um furo na sede de uma válvula rotativa especial colocada no eixo do cilindro. A cada setor corresponde um tubo e um furo na válvula. A sede da válvula gira com o tambor, mas está em contato com outra placa estacionária com rasgos junto à periferia. Estes rasgos comunicam-se através de tubulações presas em uma terceira placa, também estacionária, com os reservatórios de filtrado, água de lavagem e, algumas vezes, de ar comprimido.

À medida que o tambor gira, os diversos setores vão passando sucessivamente pela suspensão. Enquanto um dado setor estiver submerso, o furo que lhe corresponde na sede da válvula estará passando em frente ao rasgo que comunica com o reservatório de filtrado e que é mantido em vácuo. Logo que o setor sair da suspensão e a torta estiver drenada começa a lavagem e o furo correspondente passa a ficar em comunicação com o reservatório de água de lavagem. Depois de feitas quantas lavagens forem necessárias, a torta é soprada com ar comprimido e raspada por meio de uma faca. A retirada da torta nunca é total por duas razões: primeiro, para não haver o risco de rasgar a lona ou a tela do filtro e segundo, para não “perder” o vácuo. Muitas vezes trabalhasse com pré-revestimento.

As vantagens dos filtros rotativos são a grande capacidade e a pequena mão-de-obra necessária. Geralmente 30 a 40% da área ficam submersos na suspensão. Para obter maior capacidade a imersão pode ser aumentada até 70%. As desvantagens são o custo elevado, o alto custo de operação, a limitação da diferença de pressões e a imperfeição da lavagem.

Já o filtro de disco-rotativo, segundo Muller (2009), possibilita uma taxa de filtração especialmente elevada, para um dado espaço de ocupação da fábrica. Neste caso o tambor é substituído por discos verticais que giram parcialmente submersos na suspensão conforme a figura 8. O elemento filtrante é constituído de lâminas, mas este não deixa de ter

as características de um filtro contínuo rotativo. O princípio de funcionamento é o mesmo do filtro de tambor rotativo, mas a lavagem torna-se menos eficiente.

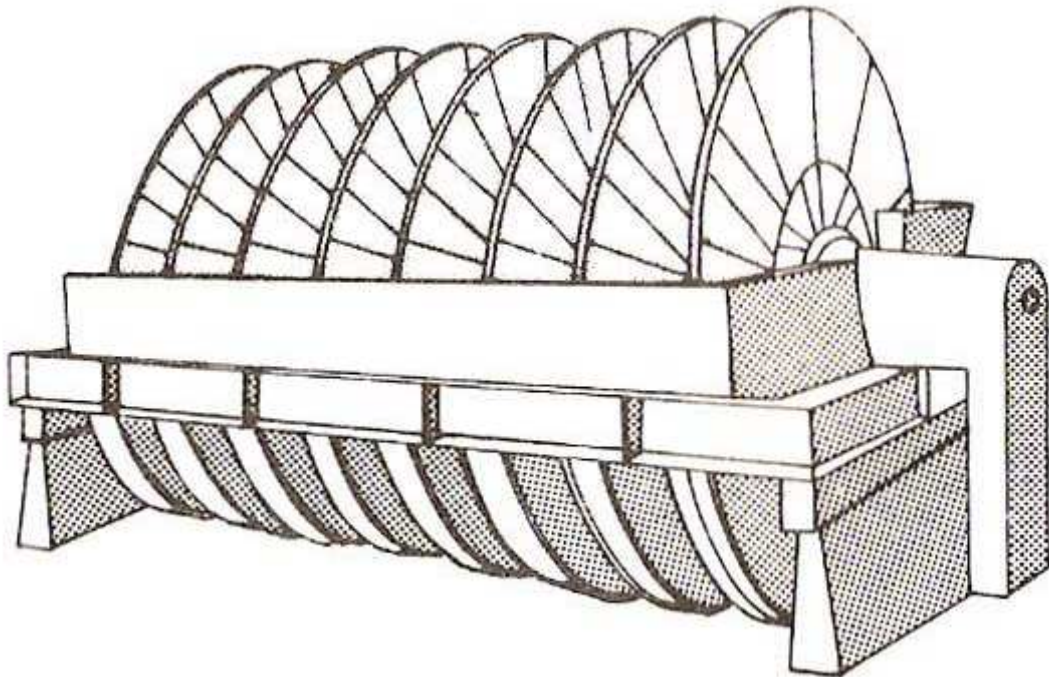


Figura 8: Filtro de disco rotativo
Fonte: Muller (2009, p.15)

3.1.6. Espessadores

De acordo com Valadão *apud* Torquato (2008), os antigos espessadores constituíam de tanques que eram alimentados com polpas diluídas até que um *overflow* claro não fosse mais obtido. A alimentação era interrompida até a completa sedimentação dos sólidos. Retirava-se então o líquido clarificado para depois ser removido o sólido sedimentado.

Segundo Torquato (2008), no espessador convencional, a polpa normalmente é conduzida, por gravidade, da caixa de alimentação, externa ao espessador, até o *feedwell*, poço de alimentação localizado no centro do espessador através de calhas ou tubos. A figura 9 ilustra um espessador convencional.

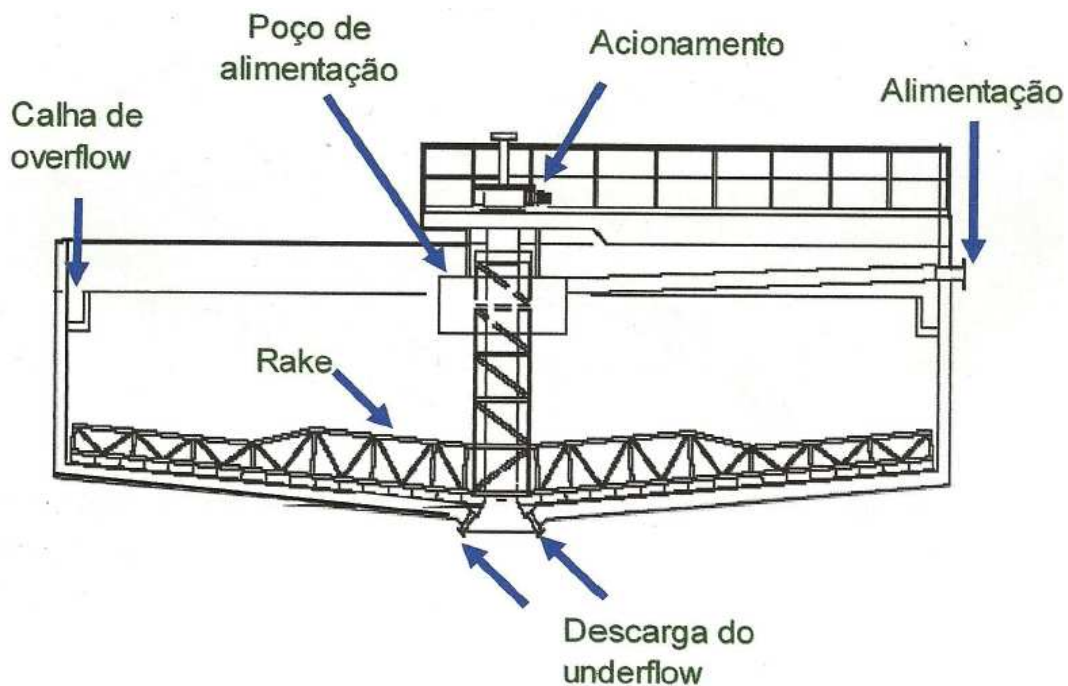


Figura 9: Espessador – corte típico
Fonte: Torquato (2008, p.32)

Pelo efeito da gravidade, os sólidos sedimentam e são arrastados pelo *rake* até a saísa inferior central, descarga do *underflow*. Para se obter maior velocidade de sedimentação e uma menor área unitária de espessamento, normalmente é usada a adição de floculante e/ou coagulante.

Ainda em consonância com Torquato (2008), o *rake* exerce papel importante no adensamento do material sedimentado. Além de direcionar os sólidos para o centro, de onde ele é retirado, por gravidade ou bombeamento, ele é responsável pelo aumento da densidade

do *underflow* e pela manutenção dos sólidos em suspensão, evitando o aterramento do espessador. A água segue pela calha do *underflow* e alimenta a caixa de recirculação de água.

3.2. Análise Econômica

O atual cenário extremamente competitivo faz com que cada vez mais as organizações procurem otimizar a utilização de seus equipamentos. Neste sentido, torna-se extremamente útil a realização de uma análise econômica visando calcular a vida útil econômica de seus ativos.

De acordo com Borgert *et al* (2006), as empresas adquirem bens que são mantidos com a expectativa de geração de benefícios futuros para a organização, os quais incluem, geralmente, veículos, máquinas e equipamentos, prédios, móveis entre tantos destinados a produzir outros bens ou serviços. No entanto, esses ativos, além da sua utilização na produção de bens ou serviços, geram custos e despesas para as empresas, visto que sofrem influências de fatores que reduzem o seu valor e a sua utilidade.

Os investimentos em mineração ocorrem da mesma forma. Segundo Ferreira e Andrade (2002, p.815), estes investimentos se caracterizam pela limitação de sua vida útil, já que

“[...] uma vez extraído todo o minério economicamente explorável existente na jazida, é forçoso o encerramento das operações. Impõe-se, assim, que durante a vida útil da mina o investidor receba de volta o capital aplicado, acrescido de remuneração compatível com os riscos do negócio”.

Ainda em consonância com estes autores, é necessário selecionar cuidadosamente o tipo de equipamento, o qual tem reflexos na eficiência do processo e na escala de produção e no índice de mecanização, fatores estreitamente relacionados entre si. Pode ocorrer que um determinado grau de mecanização seja aplicável apenas a um certo volume mínimo de produção.

Assim, a avaliação de custo de uma jazida se baseia em estimativas de grandezas econômicas, a saber (Ferreira e Andrade, 2002):

- vida útil da mina, obtida com base na reserva de minério existente;
- custos iniciais, vida útil dos equipamentos, instalações e substituições dos mesmos;
- custos anuais de produção, transporte, administração e comercialização;
- custos para reabilitação da área lavrada, ao fim da vida útil da mina;
- capital de giro;
- condições de financiamentos que possam ser obtidos para a instalação inicial da mina;
- despesas de administração correspondentes ao ciclo de produção e beneficiamento.

No que tange ao tratamento de minérios, de acordo com Abu-Ali e Sabour (2003), antes de especificar os equipamentos de flotação, é necessário considerar vários fatores, tais como o desempenho metalúrgico (recuperação e teor), consumo de energia e capital e os custos de operação do circuito de flotação.

3.2.1. Substituições de Equipamentos

As empresas, em geral, segundo Souza e Clemente (2006), orientam-se exclusivamente por aspectos técnicos para a tomada de decisão a respeito de baixa e substituição de equipamentos, e como consequência, acabam tomando decisões não ótimas. Especialmente quando se trata de equipamentos de grande valor, os prejuízos podem ser muito elevados.

Segundo Assaf Neto (2005), a necessidade de se avaliar o estado físico de um bem produtivo é de grande importância para uma empresa, sendo inclusive, interessante que isso seja feito periodicamente. Ainda de acordo com Assaf Neto (2005, p. 223), “a não consideração dessa decisão no momento oportuno pode causar sérios transtornos no funcionamento normal das atividades das empresas” tais como interrupções mais frequentes no processo de produção, elevação do índice de produtos não-conformes, entre outros.

É fato que os equipamentos e instalações de uma empresa de mineração constituem um conjunto cujas partes têm vidas úteis diferentes. Ferreira e Andrade (2002) afirmam que normalmente os prédios e instalações fixas têm vida igual ou superior à vida da mina, apresentando ainda boas condições de utilização quando todo o minério economicamente explotável estiver exaurido. No entanto, o mesmo não ocorre com as máquinas, equipamentos e instalações móveis: em regra é necessário substituí-las ao longo da exploração da jazida, e os custos dessas substituições constituem significativos desembolsos que devem ser incluídos no fluxo de caixa.

É importante salientar que o procedimento mais comumente adotado é estabelecer um prazo de vida útil para cada equipamento de valor significativo, seguindo a orientação do

fabricante, e desenvolver todas as implicações econômicas e financeiras do investimento a partir desta estimativa.

Souza e Clemente (2006) ressaltam que a utilização de métodos e técnicas quantitativas para análise econômica de equipamentos é geralmente muito dificultada pela virtual ausência dos dados e informações relevantes. Mesmo em se tratando de máquinas e equipamentos de grande valor, os dados requeridos para a análise podem não estar prontamente disponíveis, o que implica necessidade de mudança cultural na empresa.

3.2.2. Razões da substituição de ativos fixos

São várias as razões não exclusivas entre si que levam uma empresa a substituir um ativo fixo, isto é, fatores que tornam econômica uma substituição de equipamentos. Elas podem ser sintetizadas em três grupos (Casarotto Filho e Kopittke, 1998, p. 167):

a) Deterioração: é causada pelo grau de utilização do equipamento. A deterioração se manifesta pelo aumento dos custos operacionais, de manutenções e aumento da ociosidade do bem.

b) Avanço tecnológico: provoca a obsolescência de um determinado bem. Os equipamentos mais modernos oriundos desse avanço tecnológico trazem uma vantagem operacional à empresa, através de menores custos, maior grau de produção, agilidade e qualidade, fazendo com que o equipamento em uso torne-se desvantajoso ou obsoleto, comparando-o com os novos modelos disponíveis no mercado.

c) Inadequação: em algumas situações ocorre uma alteração na linha de produção em busca de maior competitividade no mercado. Como consequência disto, um determinado

equipamento pode perder a capacidade de operar eficientemente, ou seja, o equipamento torna-se inadequado à nova linha de produção.

3.2.3. Vida útil e vida útil econômica

Um dos quesitos mais importantes para determinar o momento ideal da substituição de ativos depreciables, segundo Vey e Rosa (2003), é saber qual o período de vida útil e vida útil econômica que os mesmos possuem, uma vez que na hora de aplicar o método de análise de substituição é preciso saber o período de vida útil do bem, pois ele irá influenciar outro fator de extrema importância que é a depreciação. Logo, o entendimento desses conceitos é fundamental para o desenvolvimento de um programa de substituição de equipamentos.

Vida útil, de acordo com Vey e Rosa (2003, p.12), refere-se ao

“[...] tempo máximo de utilização de um bem, estando relacionado com o esgotamento da capacidade produtiva do mesmo, não importando se ele está contribuindo positiva ou negativamente para formação do reddito. Neste caso, a substituição do bem dar-se-á somente pela incapacidade dele realizar a atividade a que se destina”.

Por outro lado, segundo Souza e Clemente (2006), a vida útil econômica em vez de se referir à capacidade física de produção, diz respeito aos custos globais em que a empresa incorre para manter em operação certo equipamento. Nota-se, portanto, que está relacionado com a eficiência e a produtividade do bem.

Para Casarotto Filho e Kopittke (1998), para o cálculo da vida econômica existe o balanço de dois custos: o custo de investimento inicial, que tende a tornar a vida útil do bem o maior possível e os custos de operação/manutenção, que tendem a encurtar a vida útil do bem já que são crescentes. Assim, esses autores dizem que: "a determinação da vida econômica consiste em achar os custos ou resultados anuais uniformes equivalentes (CAUE ou VAUE) do ativo para todas as vidas úteis possíveis. O tempo para o qual o CAUE é mínimo ou o VAUE é máximo é o da vida econômica do ativo". Como pode ser visto na figura 10 apresentada a seguir.

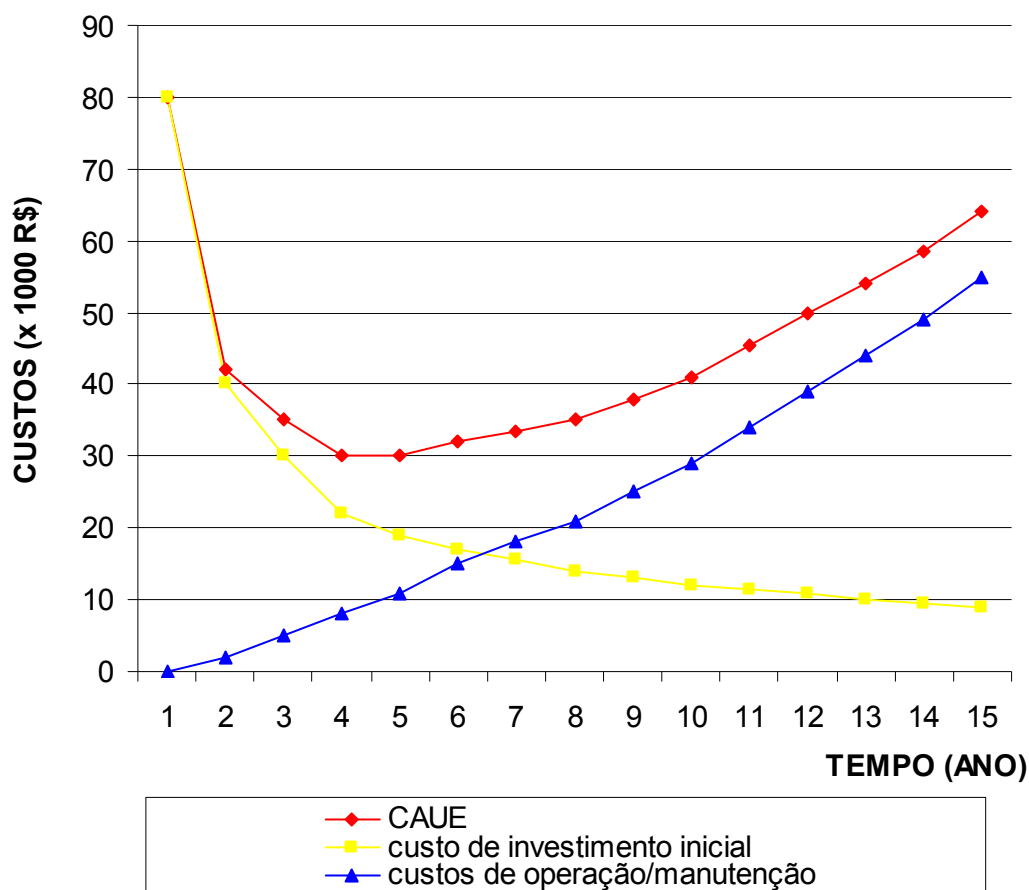


Figura 10: Representação da vida útil e da vida útil econômica
 Fonte: Casarotto Filho e Kopittke (1998, p. 173), adaptado

3.2.4. Método do custo anual uniforme equivalente (CAUE)

O Custo Anual Uniforme Equivalente (CAUE), ou valor presente líquido Anualizado (VPLa), como também é conhecido, segundo Duarte *et al* (2007), consiste em encontrar uma série anual uniforme que equipare-se aos fluxos de caixa (tanto receitas quanto despesas) dos investimentos descontados a taxa mínima de atratividade (TMA). O melhor projeto é aquele que tiver o maior saldo positivo.

O método do custo anual uniforme equivalente é semelhante ao do valor anual uniforme equivalente, porém o primeiro faz uma comparação entre os custos dos projetos de investimentos, ao passo que o segundo compara todos os componentes do fluxo de caixa das alternativas.

Vey e Rosa (2003) afirmam que, ao transformar todos os custos do bem para custos anuais equivalentes, com a aplicação de uma determinada taxa de juro correspondente ao custo de capital sobre o investimento ou a taxa mínima atrativa, tem-se por objetivo determinar em que ano ocorre o menor custo anual equivalente, determinando assim, o período ideal de substituição do ativo depreciable, ou seja, a sua vida útil econômica, já definida anteriormente.

Segundo De Rocchi *apud* Vey e Rosa (2003), através de tal método pode-se:

a) comparar duas ou mais oportunidades de investimento, pelo método do Custo Anual, a alternativa que apresentar o mais baixo custo anual, ajustado ao fator tempo, será a mais conveniente para a empresa;

b) determinar o momento ideal para a substituição de uma máquina ou equipamento; o processo de análise está baseado na premissa de que, quanto mais longa for a

vida de um ativo depreciável, tanto mais baixo se tornará o custo médio anual do capital, pois o desembolso se distribuirá sobre um período mais longo de tempo; isso, entretanto, será contrabalançado por custos operacionais crescentes, e, assim sendo, a vida útil econômica se encerra no período (ano) em que o custo total, devidamente ajustado ao tempo, atingir um mínimo.

No entanto, para utilizar o método do custo anual uniforme equivalente é necessário obter algumas informações sobre o bem que estará sob análise, tais como (Vey e Rosa, 2003):

- valor do investimento ou de aquisição;
- valor de revenda ou valor residual ao final de cada ano da vida útil do bem;
- os custos operacionais;
- o custo de capital ou a taxa mínima atrativa.

O valor do investimento é uma informação que, normalmente, é de fácil obtenção, pois quando a empresa está analisando a viabilidade da aplicação de capital em um determinado bem, ela saberá o valor que custa o mesmo. Todavia, quando se tratar de determinar a vida útil econômica de um ativo fixo que já integra o ativo imobilizado da empresa, poderá surgir alguma dificuldade caso a empresa não possua uma escrituração contábil regular e bem estruturada, visto que desta forma os dados referentes à aquisição não estarão disponíveis.

A obtenção do valor residual, ao final de cada ano da vida útil do bem já pertencente à empresa, ou ao final de cada período do projeto em questão, pode ser de difícil mensuração. No primeiro caso, a solução pode ser obtida através da pesquisa, junto ao

mercado especializado, do valor de mercado do bem em questão. Já no segundo caso, pode-se recorrer a consulta de manuais técnicos, revistas especializadas, entre outros, onde constem as curvas padrões das depreciações previstas para cada tipo de bem. Apesar de parecer de fácil solução, este problema é extremamente difícil, pois a empresa depende muito da existência de entidades ou órgãos que disponibilizem estes tipos de informações.

Os custos operacionais, para cada período dos projetos, deverão ser estimados, levando-se em consideração características de operação, tais como o princípio de funcionamento, condições de operação, condições do ambiente onde este equipamento está instalado, entre outras.

O último fator que deve ser considerado é a determinação do custo de capital ou da taxa mínima de atratividade, que será utilizada para transformar os valores do fluxo de caixa em anualidades. Este problema pode ser resolvido calculando-se o custo de capital ponderado da empresa ou determinando uma taxa mínima atrativa, que segundo Puccini *et al apud* Vey e Rosa (2003, p.13), "deve render, no mínimo, a taxa de juros equivalente à rentabilidade das aplicações correntes e de pouco risco".

3.2.5. Custo de capital e custo de operação e manutenção

O custo de capital, segundo Cavender (1999), é o custo do investimento, ou seja, representa os investimentos na aquisição de equipamentos, das instalações industriais para a operação dos equipamentos, as construções civis necessárias entre outras. Já o custo de operação, é definido por Morgan (1994) como sendo aqueles que ocorrem durante a beneficiamento do produto, como por exemplo os custos de manutenção, insumos e impostos.

Sabe-se que o custo anual equivalente uniforme (CAUE) pode ser obtido através da soma do custo anual equivalente de capital (CAEC) e do custo anual equivalente de operação e manutenção (CAEM).

$$CAUE = CAEC + CAEM \quad \text{Equação (3)}$$

A figura 11 apresenta os fluxos financeiros referentes à aquisição e à alienação de certo bem de capital. O custo total de aquisição, incluindo transporte e instalação, é representado por P, enquanto a receita de venda ao final de n períodos é representado por L.

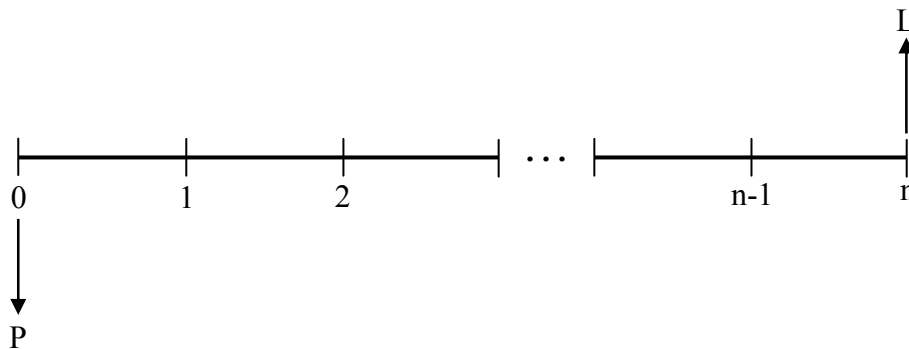


Figura 11: Custo de capital de certo equipamento
 Fonte: Souza e Clemente (2006, p. 153)

Conforme a figura 11, o valor presente do desembolso líquido realizado é fornecido pela razão apresentada abaixo (Souza e Clemente, 2006):

$$-\frac{L}{(1+i)^n}$$

Portanto, o custo anual equivalente de capital (CAEC) da decisão de manter o referido equipamento por n períodos é:

$$CAEC = \left[P - \frac{L}{(1+i)^n} \right] (A/P, i\%, n) \quad \text{Equação (4)}$$

Onde o termo $(A/P, i\%, n)$ é encontrado em tabelas financeiras ou pode ser calculado pela expressão:

$$A/P, i\%, n = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \quad \text{Equação (5)}$$

Souza e Clemente (2006) afirmam que a perda de valor de mercado dos ativos fixos é denominada depreciação econômica, que se distingue da depreciação contábil porque esta é um valor calculado de forma a atender ao que estabelece a legislação do imposto de renda, com pouca ou nenhuma ligação com o valor de mercado dos bens. A depreciação econômica, ao contrário, refere-se à perda do valor de mercado, e por isso, em geral, é de difícil mensuração.

Ressalta-se que em alguns casos pode não existir mercado secundário para os bens de capital utilizados. Dessa forma, é razoável supor que os bens, uma vez adquiridos, passam a apresentar somente valor de sucata.

Se, como mostrado anteriormente, o custo anual equivalente de capital apresenta padrão típico decrescente no tempo, o mesmo não ocorre com o custo anual equivalente de operação e manutenção. Para Souza e Clemente (2006), de modo geral, as máquinas, equipamentos e instalações apresentam rendimentos decrescentes à medida que são utilizados por períodos longos de tempo.

Seja f a taxa à qual as despesas de manutenção e operação, iguais a C no primeiro ano, crescem período a período. Então, o valor presente do custo de manutenção e operação referente ao primeiro ano é (Souza e Clemente, 2006):

$$\frac{C}{(1+i)}$$

Dessa forma, é facilmente previsível que o valor presente do custo de operação e manutenção referente a certa época genérica n será:

$$\frac{C(1+f)^{n-1}}{(1+i)^n}$$

Assim, o valor presente do custo de operação e manutenção referente à decisão de manter em funcionamento certo equipamento por n anos pode ser expresso como:

$$\frac{C}{(1+i)} + \frac{C(1+f)}{(1+i)^2} + \frac{C(1+f)^2}{(1+i)^3} + \dots + \frac{C(1+f)^{n-1}}{(1+i)^n} = C \sum_{j=1}^n \frac{(1+f)^{j-1}}{(1+i)^j} \quad \text{Equação (6)}$$

Observa-se que o somatório refere-se aos termos de uma progressão geométrica. Esse somatório pode ser expresso como:

$$\frac{\left(\frac{1+f}{1+i}\right)^n - 1}{f-i}$$

O custo anual equivalente de operação e manutenção (CAEM) pode, então, ser definido como:

$$CAEM = C \left[\frac{\left(\frac{1+f}{1+i} \right)^n - 1}{f-i} \right] (A/P, i\%, n) \quad \text{Equação (7)}$$

Ressalta-se que o termo $(A/P, i\%, n)$ é obtido de forma idêntica à apresentada anteriormente.

Torna-se necessário observar que a taxa de crescimento do custo de operação e manutenção (f) não pode ser igual à taxa mínima de atratividade (TMA), denotada na equação pela letra i , para se evitar a indeterminação.

3.2.6. Custo de capital e custo de operação de células de flotação

Abu-Ali e Sabour (2003) propuseram um modelo para estimar o custo de capital e o custo de operação de circuitos de flotação que será descrito a seguir.

A recuperação, R , de N células de flotação em série, pode ser expressa por:

$$R = \left(1 - \frac{1}{(1 + K\tau)^N} \right) R_{\infty} \quad \text{Equação (8)}$$

Onde:

K = Parâmetro cinético de flotação em escala industrial

τ = Tempo médio de residência

R_{∞} = Recuperação máxima teórica

O volume da polpa (v) numa célula é diretamente proporcional à taxa de alimentação (F) em m^3/min e o tempo médio de residência (τ):

$$v = \tau F \quad \text{Equação (9)}$$

Substituindo τ da equação 9 na equação 8 resulta em:

$$\frac{R}{R_\infty} = 1 - \frac{1}{\left(1 + K \frac{v}{F}\right)^N} \quad \text{Equação (10)}$$

Reorganizando a equação 9 para determinar o volume da polpa na célula e substituindo R/R_∞ por r , tem-se:

$$v = \frac{F}{K} \left[\left(\frac{1}{1-r} \right)^{\frac{1}{N}} - 1 \right] \quad \text{Equação (11)}$$

Nota-se que a equação 10 possibilita o cálculo do volume de cada célula em um circuito de N células que produzem com uma recuperação definida, R .

O custo de capital (C_c) requerido para comprar e instalar uma célula de flotação, segundo Mular *apud* Abu-Ali e Sabour (2003), pode ser expresso por:

$$C_c = AV^B \quad \text{Equação (12)}$$

Onde A e B são constantes e V é o volume geométrico da célula.

Substituindo o valor de v da equação 11 na equação 12 tem-se:

$$C_c = A \left\{ D \frac{F}{K} \left[\left(\frac{1}{1-r} \right)^{\frac{1}{N}} - 1 \right] \right\}^B \quad \text{Equação (13)}$$

Onde D é o quociente entre o volume geométrico da célula e o volume de polpa na célula. O custo de capital total (Tcc) de N células em série é dado por:

$$Tcc = NA \left\{ D \frac{F}{K} \left[\left(\frac{1}{1-r} \right)^{\frac{1}{N}} - 1 \right] \right\}^B \quad \text{Equação (14)}$$

O custo anual de operação (Aoc) de uma célula pode ser expressa por:

$$Aoc = 24O_h nV \quad \text{Equação (15)}$$

Onde O_h é o custo horário de operação por m^3 de volume de célula ($\$/hm^3$) e n é o número de dias trabalhados por ano.

De acordo com Abu-Ali e Sabour (2003), o custo horário de operação por m^3 de volume de célula pode ser estimado como uma função da potência consumida, assumindo que o gasto com energia representa 40% do custo de operação total. O consumo de energia (PC) está relacionado com o volume da célula e pode ser representada por:

$$PC = HV^{-h} \quad \text{Equação (16)}$$

Onde H e h são constantes do mesmo tipo de máquinas de flotação. Young *apud* Abu-Ali e Sabour (2003) apresentou os valores de H e h como 2,4 e 0,04, respectivamente.

Associando as equações 15 e 16, tem-se que o custo total de operação por ano é dado por:

$$T_{Aoc} = \frac{N[24 \times CE \times n \times H] \times V^{1-h}}{0,4} \quad \text{Equação (17)}$$

Onde CE representa o custo da energia em R\$ por kW/h.

Outros autores também fizeram considerações a respeito do custo de capital e do custo de operação de células de flotação. A seguir é apresentado o modelo proposto por Schena *et al* (1995).

O custo anual de operação de sistemas de flotação, segundo os autores supracitados, pode ser expresso como a soma dos custos relacionados às células nas etapas *rougher*, *scavenger* e *cleaner*. Assim:

$$Custo.de.Operação = N_{RG}C_{RG} + N_{SC}C_{SC} + \sum_{i=1}^s N_s C_s \quad \text{Equação (18)}$$

Onde N_{RG} é o número de células na bancada *rougher* e C_{RG} é o custo de operação de uma célula na bancada *rougher*. Os demais termos da equação 18, segundo Schena *et al* (1995), se referem às outras seções do circuito.

Estes mesmos autores ressaltam ainda que os custos de operação de uma célula estão principalmente relacionados com o custo da energia para a geração de bolhas.

O custo de capital de uma planta de flotação, para esses autores, pode ser expresso como:

$$Custo.de.Capital = N_{RG}I_{RG} + N_{SC}I_{SC} + \sum_{i=1}^s N_s I_s \quad \text{Equação (19)}$$

Ou, em outras palavras, o custo de capital total é a soma do custo de capital de todas as células do circuito.

Como este trabalho trata da determinação da vida útil econômica de bens que podem ser substituídos por outros semelhantes, não alterando o valor das receitas auferidas, este método encaixa-se perfeitamente para solucionar o problema da determinação do

momento ideal ou ótimo de substituição, visto considerar os custos operacionais, que geralmente crescem com o tempo, e o custo de capital, que decresce com o passar dos anos.

Na sequência, o quarto capítulo apresenta os procedimentos metodológicos adequados ao desenvolvimento da pesquisa voltados para os objetivos propostos neste trabalho, bem como os métodos utilizados para a análise dos dados.

4. METODOLOGIA

Neste capítulo é exposta a metodologia utilizada para se atingir os objetivos propostos. Descreve-se a forma como a pesquisa foi desenvolvida, enfatizando-se a sua natureza, a classificação e as etapas seguidas pelo pesquisador para a realização deste estudo.

4.1. Natureza da Pesquisa

De acordo com Lakatos e Marconi (1995), os métodos científicos podem ser compreendidos como conjuntos de atividades sistemáticas e racionais que permitem alcançar certo objetivo, traçando qual caminho a ser percorrido, facilitando a visualização de erros e auxiliando nas decisões que aparecem ao longo da pesquisa.

Silva e Menezes (2001) consideram uma pesquisa quantitativa aquela que consegue traduzir em números opiniões e informações para classificá-las e analisá-las. Já a pesquisa qualitativa considera que há uma relação dinâmica entre o mundo real e o sujeito, isto é, um vínculo indissociável entre o mundo objetivo e a subjetividade do sujeito que não pode ser traduzido em números.

Um estudo quantitativo sobre o tema se justifica devido à abrangência que se deseja dar ao fenômeno estudado. Logo, o estudo pode proporcionar meios para, através da aplicação do método do custo anual uniforme equivalente definir a vida útil econômica dos equipamentos de flotação.

4.2. Classificação da Pesquisa

De acordo com Vergara (1997), a classificação da pesquisa realizada é considerada em relação a dois aspectos: quanto aos fins e quanto aos meios. Quanto aos fins, a pesquisa é exploratória, descritiva, explicativa, metodológica, aplicada e intervencionista. Quanto aos meios, a pesquisa é classificada como: bibliográfica, documental, experimental, participante, pesquisa-ação, pesquisa de campo e estudo de caso.

Com base na visão de Vergara (1997), esta pesquisa, quanto aos fins, é descritiva, uma vez que visa descrever as características de determinado fenômeno, estabelecendo relações entre variáveis.

Quanto aos meios, trata-se de uma pesquisa bibliográfica. Neste caso, a pesquisa bibliográfica realizada neste estudo está embasada nos conhecimentos adquiridos através de publicações, tais como livros, dissertações, teses, artigos de revista, artigos de congressos, entre outras fontes, relacionados aos assuntos ligados ao sistema de flotação bem como análise econômica, gerando subsídios teóricos para a mesma.

4.3. Variáveis

Lakatos e Marconi (1995) consideram uma variável como uma classificação ou medida, uma quantidade que varia, um conceito operacional, que contém ou apresenta valores, aspecto, propriedade ou fator, discernível em um objeto de estudo e passível de mensuração. Uma variável, segundo Gil (1996), tem como objetivo gerar maior precisão aos

enunciados científicos sejam essas hipóteses, teorias, leis, princípios ou generalizações da pesquisa. As variáveis observadas neste trabalho são apresentadas no quadro 3.

Quadro 3 – Variáveis e Indicadores da Pesquisa

VARIÁVEIS	DEFINIÇÕES	INDICADORES
1. Vida útil econômica	É o período de tempo definido ou estimado tecnicamente, durante o qual se espera obter fluxos de benefícios futuros de um ativo.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Custo de capital ▪ Custo de operação e manutenção
2. Custo de capital	São os custos relativos à aquisição e alienação de certo bem de capital.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Custo anual equivalente de capital
3. Custo de operação e manutenção	São os custos gerados em função do funcionamento e manutenção de certo bem de capital.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Dados de fabricantes ▪ Matéria-prima ▪ Consumo de energia ▪ Mão de obra ▪ Peças de reposição

Fonte: Pesquisa direta, 2008.

4.4. Considerações metodológicas

Inicialmente, realizou-se um levantamento bibliográfico englobando os sistemas de flotação e análise econômica. Em seguida, faz-se a formulação das estimativas de custos.

Para este estudo, considerou-se que o custo total de um circuito de flotação é composto pelo custo de capital e pelo custo de operação. O custo de capital é a quantidade monetária total despendida para comprar e instalar os equipamentos na planta, enquanto o custo de operação consiste nas despesas com energia, insumos, trabalhadores e manutenção.

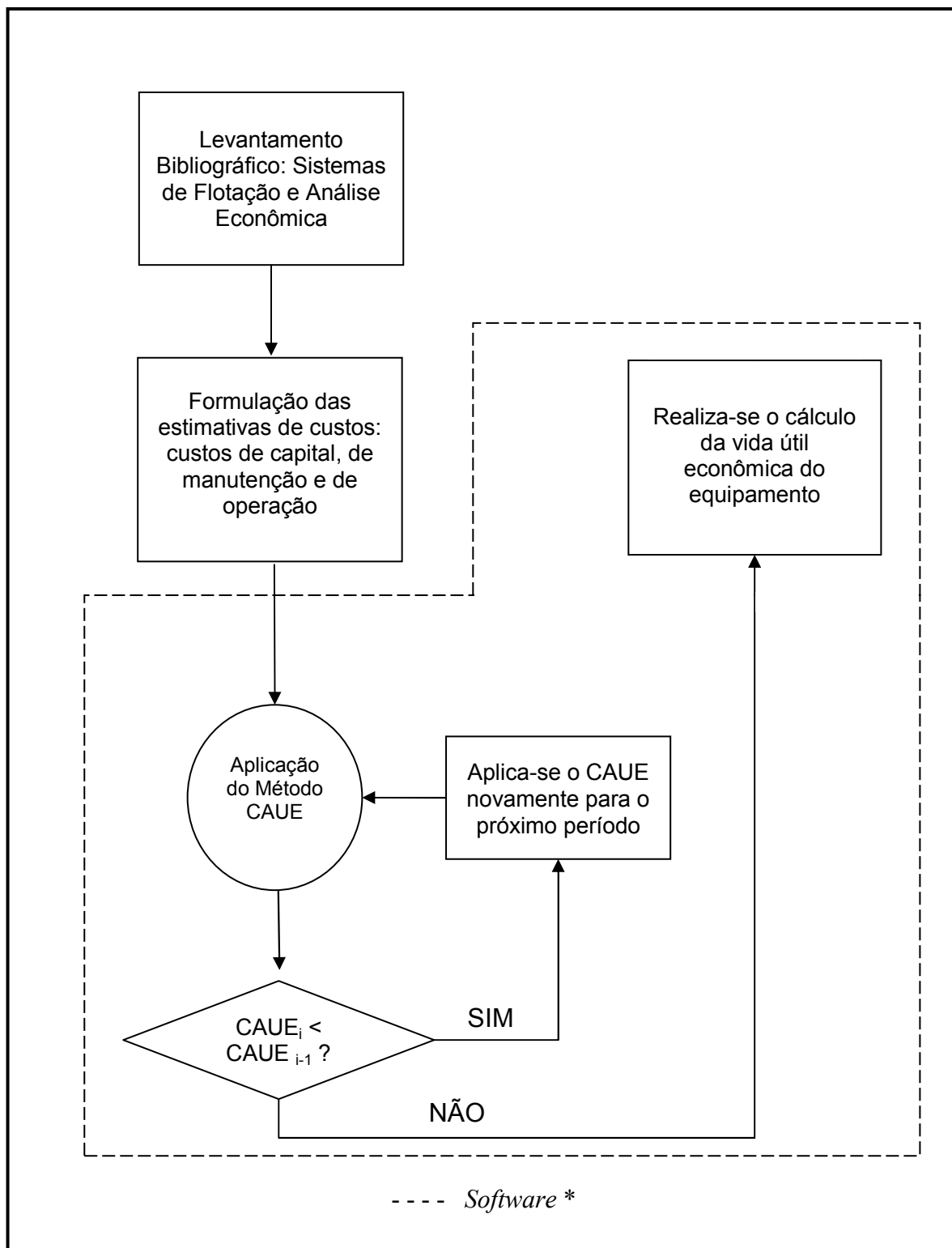
Ressalta-se que em função da indisponibilidade de acesso a dados reais, por se tratarem de informações confidenciais e de caráter estratégico, optou-se por desenvolver e utilizar equações já presentes nas bibliografias visando estimar os custos supracitados.

Esta pesquisa utilizou como base a metodologia proposta por Abu-Ali e Sabour (2002) para as estimativas de custos, com alguns ajustes que se fizeram necessários. A equação para estimativa de custo de investimento para células de flotação e para os filtros foram obtidas por regressão não linear de dados de Mular e Parkinson (1972), atualizados em termos de inflação e mudanças de preço por mudanças estruturais (tecnológicas e trabalhistas) no setor de equipamentos de mineração utilizando-se o índice setorial *M&S Mining and Milling Index*. Já para os espessadores, utilizou-se as equações apresentadas por Torquato (2008).

De posse destes dados oriundos das estimativas de custos, aplica-se o método do custo anual uniforme equivalente (*CAUE*) para cada período. Este processo deverá ser repetido até que o *CAUE* do período subsequente seja superior ao *CAUE* do período precedente. Quando este fato ocorrer, calcula-se a vida útil econômica deste equipamento, podendo se usar (caso seja necessária maior precisão temporal) algoritmo convencional de interpolação (como, por exemplo, a muito utilizada regressão polinomial de Lagrange).

4.5. Fluxograma da metodologia utilizada

A figura 12, apresentada a seguir, sintetiza as etapas a serem realizadas visando estimar a vida útil econômica dos equipamentos de flotação.



* A metodologia para o desenvolvimento do *software* é apresentada a seguir.
 Figura 12: Fluxograma da metodologia utilizada
 Fonte: Pesquisa direta, 2008.

4.6. Desenvolvimento do *Software*

Visando facilitar a realização do cálculo da vida útil econômica das células de flotação, propõe-se o desenvolvimento de um *software*, seguindo a metodologia proposta por Pavim (2006) e apresentada a seguir.

Esta metodologia de *software* é dividida em sete etapas, quais sejam:

1. Elaboração de uma Proposta de desenvolvimento
2. Definição de Requisitos para o bom funcionamento do projeto
3. Análise dos requisitos exigidos
4. Modelagem do sistema conforme especificações da análise
5. Implementação do código-fonte de acordo com o modelo elaborado
6. Realização de Testes do protótipo do sistema para validação da solução
7. Documentação geral do sistema

A figura 13 ilustra as etapas sistemáticas da metodologia de *software* supracitadas.

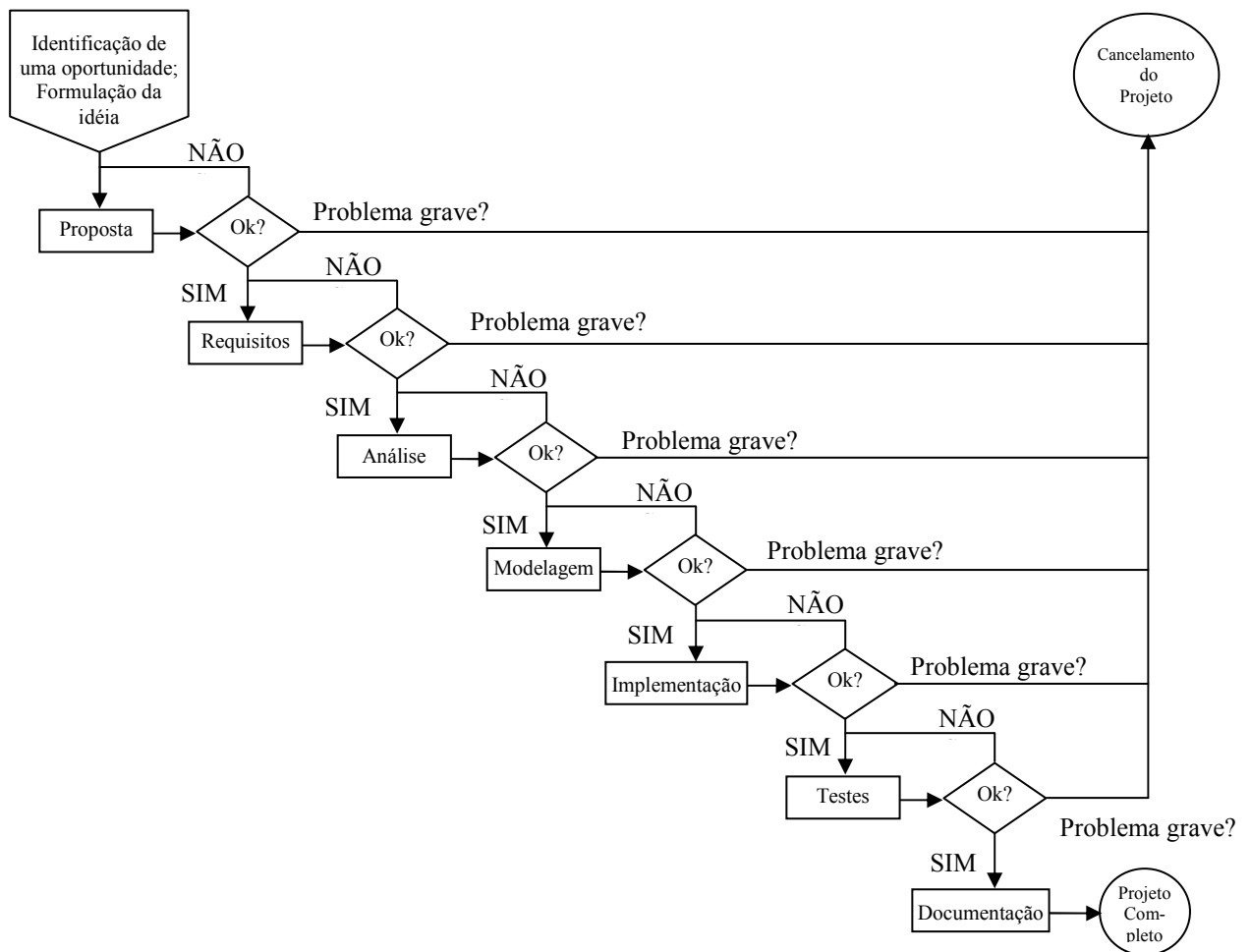


Figura 13: Etapas sistemáticas da metodologia de desenvolvimento do *software*
 Fonte: Pavim, 2006 p.09

Para a elaboração de uma proposta é necessário a definição de um nicho de mercado a ser atendido, a definição de objetivos e metas a serem alcançadas, o levantamento de vantagens/benefícios do projeto para seus usuários. No trabalho em questão, o nicho de mercado escolhido foi o setor de mineração e o objetivo é desenvolver um *software* capaz de calcular a vida útil econômica de equipamentos de flotação possibilitando assim ao usuário determinar o tempo ótimo de substituição do mesmo.

Em seguida, é necessário definir os requisitos, que segundo Pavim (2006), consiste em realizar um levantamento de todas as características indispensáveis e desejáveis para o bom funcionamento do sistema, sem se preocupar no momento em como resolvê-los. Durante a realização dessa etapa, foi feita uma extensa revisão bibliográfica na área de avaliação econômica e substituição de equipamentos e do processo de flotação, apresentada no capítulo anterior, com vistas a contextualizar todo o assunto, possibilitando um suporte teórico ao desenvolvimento do aplicativo.

A próxima etapa é análise, onde é descrito como os requisitos serão cumpridos e suas implicações, sem se preocupar com a arquitetura do sistema nem com a linguagem de programação adotada. Nessa etapa foi feito um estudo detalhado dos dados levantados na atividade anterior, a partir dos quais foram construídos modelos com a finalidade de representar o sistema de *software* desenvolvido.

Já a modelagem do sistema é a definição de uma arquitetura interna para o sistema, de forma a cumprir os requisitos segundo especificados em sua análise. Ocorre também a definição de uma interface intuitiva com o usuário do *software*. Desta forma, a linguagem de programação escolhida foi o C++, por se mostrar eficiente quanto aos recursos necessários à realização e apresentação dos cálculos referentes ao custo anual equivalente de operação e manutenção, ao custo anual equivalente de capital e a determinação da vida útil econômica do equipamento. Ressalta-se que foi utilizado a linguagem de programação C++, o *framework* Qt e o banco de dados *SQLite*, todos pertencentes a um grupo de programas denominados *software* livres, que por definição, podem ser usados, copiados, estudados e redistribuídos sem nenhuma restrição.

A fase de implementação, segundo Sommerville (2003), é a etapa onde são propostos modelos através de diagramas e estes modelos são implementados em alguma

linguagem de programação. Em outras palavras, consiste na tradução da arquitetura e algoritmos do sistema em código-fonte, adotando uma linguagem de programação. As atividades realizadas compreenderam: desenvolvimento da interface gráfica dos módulos do sistema, a operacionalização e a análise dos cálculos realizados pelo aplicativo e o desenvolvimento das rotinas para geração dos resultados.

Depois de implementado o *software*, é necessário testá-lo, isto é, averiguar se todos os requisitos do projeto estão funcionando de acordo com o que foi especificado na análise. Essa etapa constituiu na validação dos módulos do sistema, através de comparações dos resultados gerados com os resultados de trabalhos acadêmicos relacionados à substituição de equipamentos. A finalidade desta etapa foi promover alterações, análise e formatação final do *software*.

Por fim, realiza-se a documentação geral do sistema, que ocorre simultaneamente as demais etapas do projeto de desenvolvimento de *software*, contemplando a elaboração de proposta, o levantamento dos requisitos e prioridades, a análise dos requisitos e fluxos de operações, a modelagem da arquitetura do sistema, a documentação do código-fonte implementado e o detalhamento dos resultados obtidos nos testes.

Desta forma, torna-se possível desenvolver um *software* que efetue o cálculo da vida útil econômica dos equipamentos de flotação utilizando o método do custo anual uniforme equivalente.

A estrutura geral do programa pode ser vista no fluxograma mostrado na figura 14, apresentada a seguir.

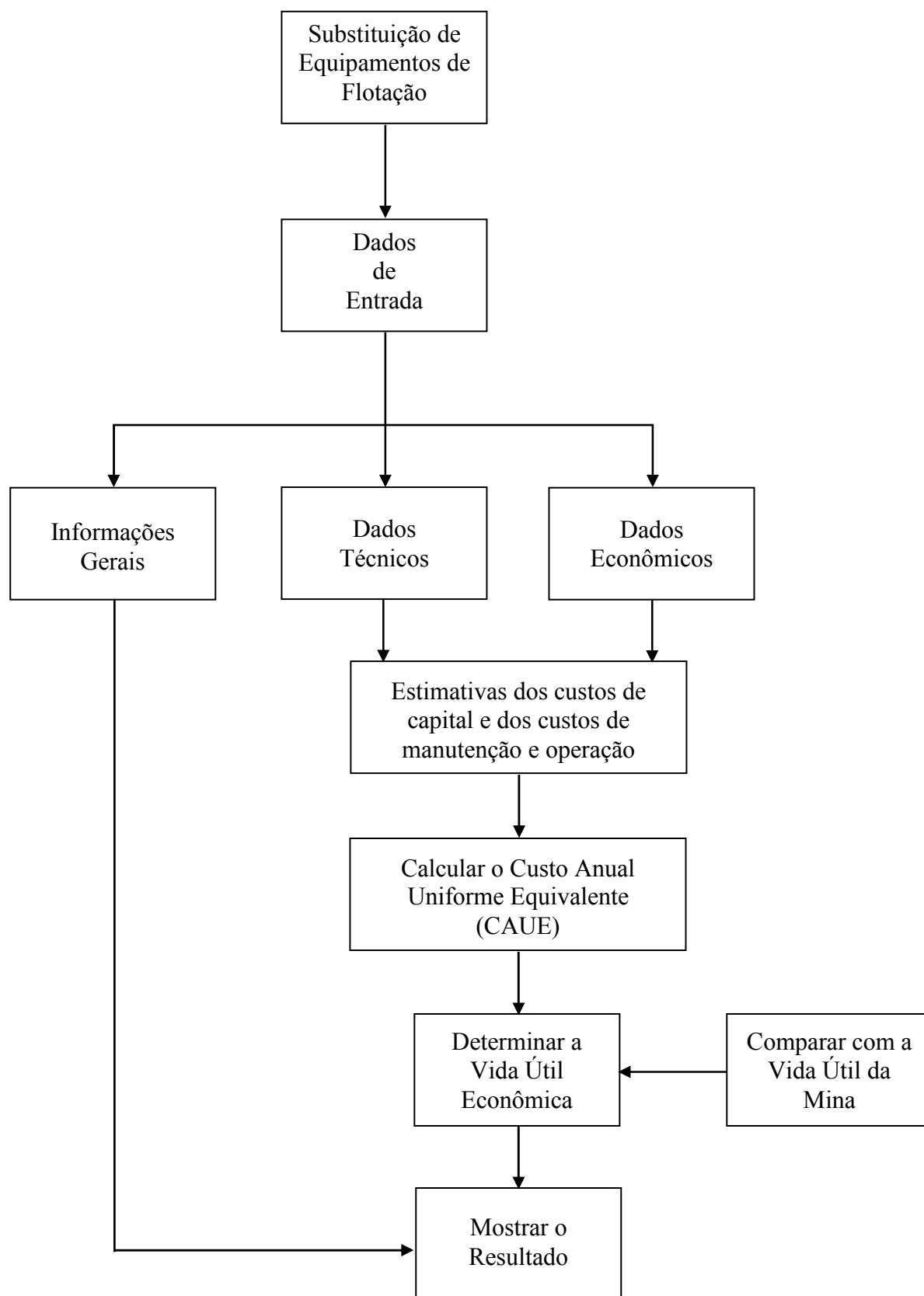


Figura 14: Estrutura geral do programa
 Fonte: Pesquisa direta, 2009.

4.7. Considerações Finais

Neste capítulo foram apresentadas as ferramentas utilizadas para a operacionalização desta pesquisa, cujos instrumentos escolhidos, conforme a literatura especializada, estão coerentes com o objeto almejado na mesma.

A análise e o estudo dos dados tiveram como referência tanto as variáveis adotadas como também os seus indicadores, os quais possibilitaram investigar o fenômeno a ser pesquisado.

No capítulo seguinte, é apresentado o aplicativo desenvolvido e um exemplo ilustrativo de utilização deste *software*.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A seguir, apresentam-se as equações utilizadas para as estimativas de custos que servirão como base para o cálculo da vida útil econômica dos equipamentos.

5.1. Formulação matemática para as células de flotação

Para os propósitos deste trabalho, adotar-se-á cinética de primeira ordem com o valor típico de tempo de indução nula. Assim, para regime contínuo, com regime de misturador ideal em cada cuba ou célula, estando N células em série (banco), tem-se para a recuperação no conjunto:

$$R_i = R[i, t] = R_{\infty i} \times \left[1 - \frac{1}{(1 + k_i \times \tau)^N} \right] \quad \text{Equação (20)}$$

Onde τ é o tempo médio de residência em cada célula. Explicitando-se esse tempo médio necessário para uma recuperação especificada, resulta, em um banco de células mecânicas em série, em segundos:

$$\tau = \frac{\sqrt[N]{\left[\frac{R_{\infty}}{R_{\infty} - R} \right]} - 1}{k} \quad \text{Equação (21)}$$

Onde N é o número de células de flotação em série, R_{∞} é a recuperação máxima teórica, R é a recuperação metalúrgica especificada (ou historicamente praticada) e k é o parâmetro cinético de flotação da espécie de interesse, com dimensão em s^{-1} . Naturalmente, para a obtenção de um tempo médio de residência deve-se

estipular o volume dos reatores (células), o que é função das vazões volumétricas de trabalho.

A vazão mássica da polpa (em kg/s), Q_a , na alimentação do circuito é dada por:

$$Q_a = \frac{Q_{sa}}{c_{ma}} \quad \text{Equação (22)}$$

Onde Q_{sa} é a vazão mássica de sólidos (em kg/s) e c_{ma} é a concentração mássica de sólidos no fluxo.

Por seu turno, a vazão volumétrica de polpa na alimentação, Q_{va} é dada por:

$$Q_{va} = \frac{Q_a}{\rho_a} \quad \text{Equação (23)}$$

Onde a massa específica da polpa (não aerada), ρ_a , é calculável por:

$$\rho_a = \frac{1}{\frac{c_{ma}}{\rho_s} + \frac{(1-c_{ma})}{\rho_f}} \quad \text{Equação (24)}$$

Onde ρ_s é a massa específica do sólido e ρ_f é a massa específica do fluido, ambas em kg/m^3 .

Nas células de flotação, a vazão volumétrica efetiva deve considerar a fração de espaço preenchido pelo ar dinamicamente apreendido na polpa, referida, usualmente, pelo termo inglês: *hold up*. A vazão volumétrica da polpa aerada é dada por:

$$Q_{Vaer} = \frac{Q_{va}}{1-\phi} \quad \text{Equação (25)}$$

Onde ϕ é a fração volumétrica do gás (*hold up*) na polpa aerada.

O volume da polpa na célula aerada (expressa em m³) será, portanto, dado por:

$$V_{Paerada} = Q_{Vaer} \times \tau \quad \text{Equação (26)}$$

O volume geométrico efetivo da célula deve levar em conta o espaço ocupado por dispositivos acessórios (como rotor, por exemplo) e o espaço ocupado pela camada de espuma no reator. O volume geométrico da célula pode ser dado por:

$$V_{Cel} = \frac{V_{Paerada}}{(1 - f_{espuma}) \times (1 - f_{acessórios})} \quad \text{Equação (27)}$$

Onde f_{espuma} é a fração de nível de espuma (borda livre dividida pela altura da cuba) e $f_{acessórios}$ é a fração de acessórios presentes na célula.

Como mencionado no capítulo anterior, a estimativa do custo de capital (Cc) foi desenvolvida pelo autor tendo como base a equação proposta por Mular e Parkinson (1972), cujas constantes foram atualizadas para os dias atuais através da correção do índice *M&S*, o mesmo utilizado pelos autores supracitados, e considerando que o custo de aquisição de um equipamento representa cerca de 38 % do custo total do investimento (expresso em reais), gerando a equação apresentada a seguir:

$$Cc = 7644,8 \times N \times e^{0,84767 \times V_{cel}^{0,42249}} \times CD \quad \text{Equação (28)}$$

Onde N é o número de células de flotação em série, V_{cel} é o volume geométrico da célula e CD é a cotação do dólar em reais. Esta equação apresentou uma aderência de 99,83% à nuvem de dados regressionais de Mular e Parkinson (1972).

Já os custos de manutenção e operação (CM) foram estimados conforme a equação 29, apresentada por Abu-Ali e Sabour (2002).

$$CM = \frac{N[24 \times \text{Custo.da.Energia} \times n \times 2,4] \times V_{Cel}^{(0,96)}}{0,4} \quad \text{Equação (29)}$$

Onde N é o número de células de flotação em série, n é o número de dias trabalhados no ano e V_{cel} é o volume geométrico da célula.

Essas equações desenvolvidas serviram como fonte de dados para o aplicativo realizar o cálculo da vida útil dos equipamentos de flotação.

5.2. Formulação matemática para os filtros

A estimativa do custo de capital (Cc) para os filtros também foram desenvolvidas pelo autor tendo como base a equação proposta por Mular e Parkinson (1972), seguindo o mesmo procedimento apresentado anteriormente para as células de flotação, gerando as equações apresentadas a seguir:

Filtro a disco:

$$Cc = 5682,25 \times (A \times 10,764)^{0,44} \times CD \quad \text{Equação (30)}$$

Filtro tambor:

$$Cc = 20611,23 \times (A \times 10,764)^{0,33} \times CD \quad \text{Equação (31)}$$

Onde A é a área do filtro em metros quadrados (m^2) e CD é a cotação do dólar, em reais.

5.3. Formulação matemática para os espessadores

No caso dos espessadores, a estimativa do custo de capital (C_c) foi extraída de Torquato (2008) e é apresentado na figura 15.

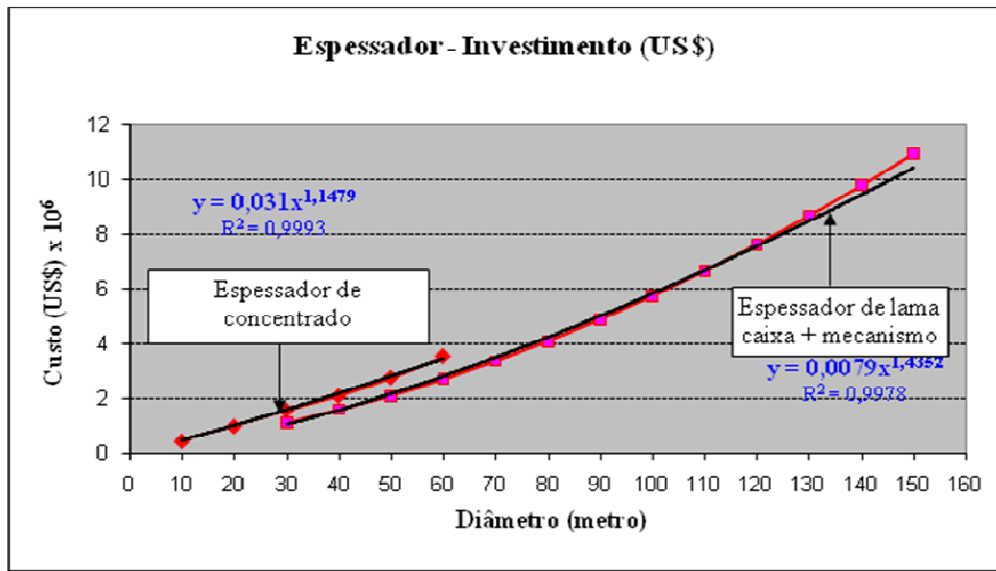


Figura 15: Custo de capital dos espessadores
 Fonte: Torquato, 2008 p. 117

Conforme a figura acima, as equações de custo de capital para os espessadores foram:

Espessador de concentrado:

$$C_c = 0,031 \times d^{1,1479} \times CD \quad \text{Equação (32)}$$

Espessador de lama

$$C_c = 0,0079 \times d^{1,4352} \times CD \quad \text{Equação (33)}$$

Onde d é o diâmetro do espessador em metros (m) e CD é a cotação do dólar, em reais.

5.4. O *software*

A realização do cálculo da vida útil econômica dos equipamentos de flotação através do *software* depende do desenvolvimento das seguintes etapas:

- Informações gerais;
- Dados técnicos;
- Dados econômicos;
- Estimativas dos custos de capital e dos custos de manutenção e operação;
- Cálculo do CAUE;
- Resultados obtidos.

Desta forma, baseado nas avaliações qualitativas e quantitativas do projeto de avaliação da possibilidade de substituição de equipamentos de flotação, deve-se cadastrar no sistema os dados resultantes das análises para se obter a sua vida útil econômica.

A tela inicial do aplicativo é mostrada na figura 16. Nela são exibidas todas as variáveis a serem preenchidas e que são necessárias para se efetivar o cálculo: equipamento, marca, modelo, localização, observações, taxa mínima de atratividade, taxa anual de crescimento dos custos, número de dias trabalhados por ano, valor residual, custo da energia e cotação do dólar. Ressalta-se que os dados técnicos serão lançados em uma janela própria. No canto inferior direito, são exibidas as variáveis respostas, ou seja, o resultado dos cálculos: vida útil do equipamento e viabilidade. A vida útil da mina é um dado de entrada.

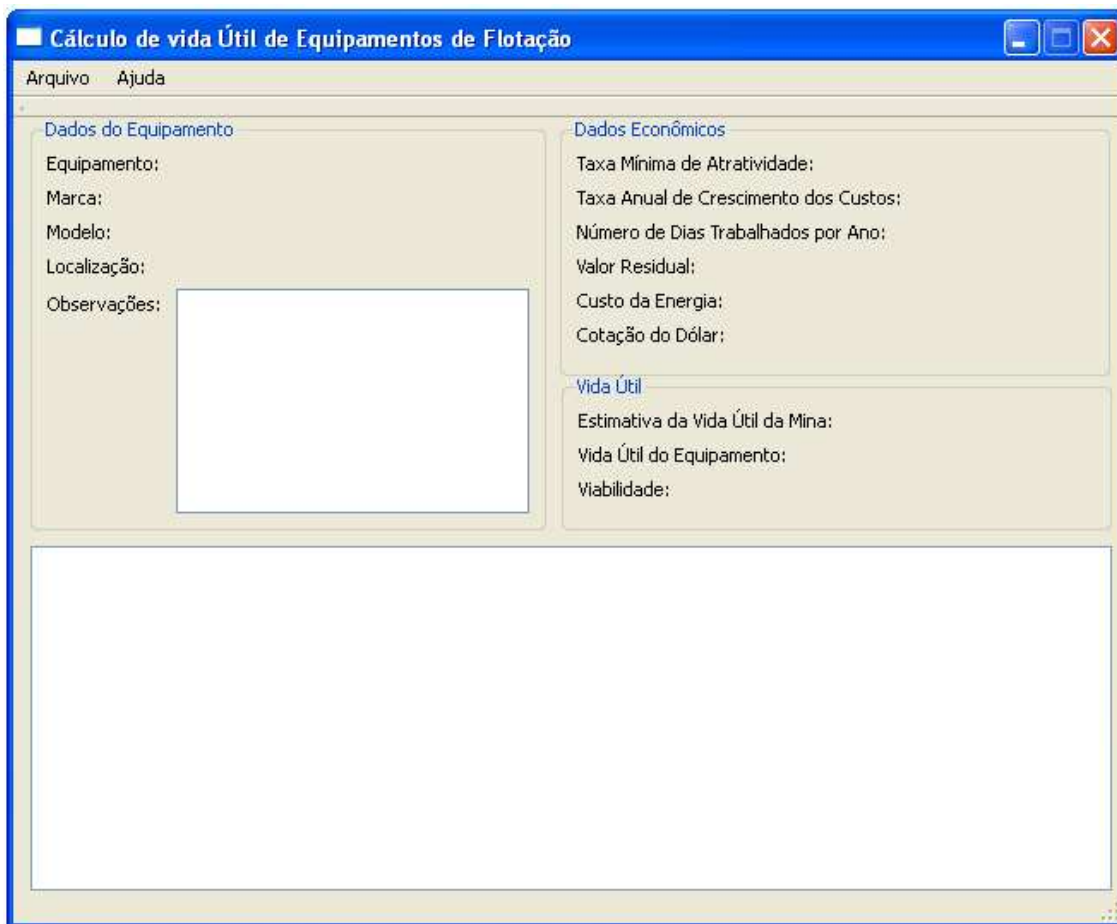


Figura 16: Tela inicial do programa
Fonte: Pesquisa direta, 2009.

Para cadastrar essas informações, o usuário deve, inicialmente, selecionar no formulário principal o menu <Arquivo> e escolher um dos itens de menu que irá aparecer, conforme a figura 17.

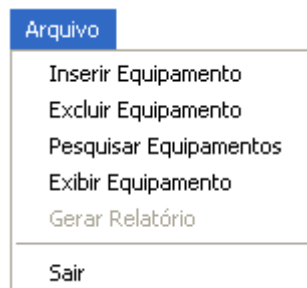


Figura 17: Menu Arquivo
Fonte: Pesquisa direta, 2009.

As opções neste menu são: inserir equipamento, excluir equipamento, pesquisar equipamentos, exibir equipamento, gerar relatório, além do comando sair. Cada uma dessas funções será detalhada a seguir.

5.4.1. Inserindo equipamento

Primeiramente torna-se necessário a escolha do equipamento para o qual será realizado o cálculo da vida útil. As opções são mostradas na figura 18.



Figura 18: Opções de escolha dos equipamentos
Fonte: Pesquisa direta, 2009.

Em função da escolha do equipamento, será apresentado uma tela com as opções de filtro (disco ou tambor) ou espessador (concentrado ou lama) conforme a figura 19, ou irá diretamente para a tela de identificação do equipamento (figura 20), onde são registradas informações relativas à identificação do equipamento, tais como o tipo de equipamento, a marca, o modelo e a localização do mesmo. Além disso, o software possibilita ao usuário inserir algumas observações que julgar pertinente.

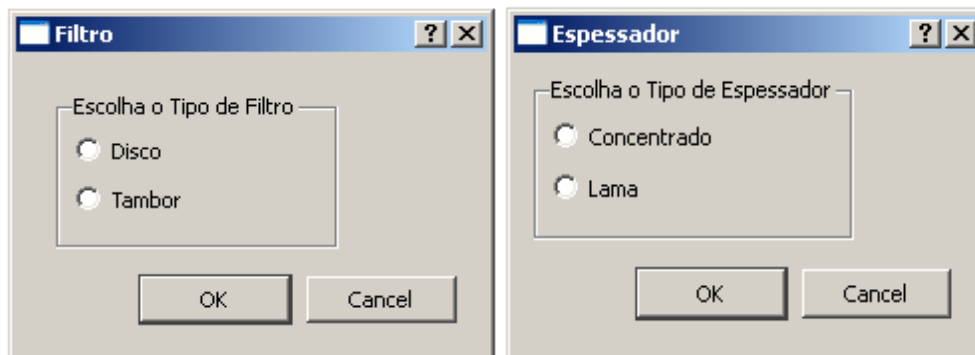


Figura 19: Opções de filtro e espessador
Fonte: Pesquisa direta, 2009.

A form titled '1 - Identificação do Equipamento'. It has five input fields: 'Equipamento: *', 'Marca: *', 'Modelo: *', 'Localização: *', and 'Observações:'. The first four are text boxes, and the last is a larger text area. At the bottom left, it says '* Campos Obrigatórios'. At the bottom right, there are 'Avançar >' and 'Cancelar' buttons.

Figura 20: Informações gerais do equipamento
Fonte: Pesquisa direta, 2009.

Observa-se pela figura 16 que alguns campos estão destacados com um asterisco (*). Isto simboliza que o preenchimento deste campo deverá ser realizado

obrigatoriamente. Sempre que o usuário não preencher este campo obrigatório, o sistema enviará uma mensagem de erro, mostrado na figura 21.

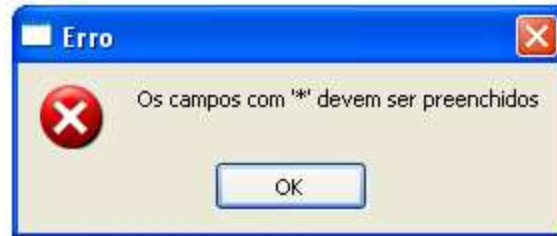


Figura 21: Mensagem de erro
Fonte: Pesquisa direta, 2009.

No caso das células de flotação, após o preenchimento das informações que identificarão o equipamento, clica-se em avançar e será exibida a figura 22. Esta é a parte mais importante do aplicativo, onde serão inseridos os dados técnicos referentes ao sistema de flotação.

A imagem mostra uma tela de configuração intitulada "2 - Dados Técnicos". Ela contém uma lista de parâmetros técnicos, cada um com um campo de entrada e uma seta para cima e para baixo à direita. Os parâmetros são: "Parametro Cinético de Flotação: (s⁻¹)", "Recuperação Metalúrgica (%)", "Recuperação Máxima Teórica (%)", "Número de Células de Flotação em Série", "Vazão Mássica de Sólidos (Kg/s)", "Massa Específica do Sólido (Kg/m³)", "Massa Específica do Fluido (Kg/m³)", "Concentração Volumétrica do Gás (hold up)", "Fração do Nível de Espuma", "Fração de Acessórios" e "Concentração Mássica". Na parte inferior da tela, há dois botões: "Avançar >" e "Cancelar".

Figura 22: Dados técnicos
Fonte: Pesquisa direta, 2009.

Os dados técnicos necessários para a realização dos cálculos são os seguintes:

- k : parâmetro cinético de flotação [s^{-1}];
- R : recuperação metalúrgica [%];
- R_{∞} : recuperação máxima teórica [%];
- N : número de células de flotação em série;
- Q_{sa} : vazão mássica de sólidos [kg/s];
- ρ_s : massa específica do sólido [kg/m^3];
- ρ_f : massa específica do fluido [kg/m^3];
- Φ : concentração volumétrica do gás (*hold up*);
- f_{espuma} : fração de nível de espuma;
- $f_{acessórios}$: fração de acessórios;
- C_{ma} : concentração mássica.

Ao clicar no botão “Avançar”, será exibida a tela de entrada de dados econômicos, representada pela figura 23.

3 - Dados Econômicos

Taxa Mínima de Atratividade (%):

Taxa Anual de Crescimento dos Custos (%):

Valor Residual

Taxa Anual de Depreciação (%)

Valor de Sucata (\$)

Vida Útil Estimada da Mina (anos):

Custo da Energia (R\$):

Nº de Dias Trabalhados por Ano:

Cotação do Dólar (R\$):

OK Cancel

Figura 23: Dados econômicos
Fonte: Pesquisa direta, 2009.

Os dados econômicos necessários para a realização dos cálculos são os seguintes:

- Taxa mínima de atratividade: é uma taxa que representa o mínimo que um investidor se propõe a ganhar quando faz um investimento;
- Taxa anual de crescimento dos custos: é a taxa na qual o custo de operação e manutenção cresce com o passar do tempo;
- Valor residual: refere-se ao valor do equipamento no último ano do período de análise. Têm-se duas opções: a taxa anual de depreciação, caso o equipamento vá perdendo o seu valor de forma gradativa ao longo do tempo ou o valor de sucata, caso este equipamento não possua mercado secundário;
- Vida útil da mina para que esta seja comparada com a vida útil econômica do equipamento;
- Custo da energia: corresponde ao valor gasto pela empresa com o consumo de energia;
- Número de dias trabalhados no ano;
- Cotação do dólar: é referente ao valor do dólar, em reais, na época analisada.

Ao clicar no botão “ok”, o programa realizará os cálculos e exibirá os resultados. De posse dos dados de entrada, avança-se para o cálculo do custo anual uniforme equivalente, que servirá como critério para determinação da vida útil econômica do equipamento. Para tanto, desenvolveu-se uma rotina, apresentada no quadro 4, na linguagem C++.

Quadro 4 – Rotina utilizada para o cálculo do CAUE

```
void Equipamento::calculaVidaUtil(){

    int n = 1;

    this -> CAEM.push_back(100000000);
    this -> CAEC.push_back(100000000);
    this -> CAUE.push_back(100000000);

    double p = this -> valorAquisicao + this -> valorTransporte +
               this -> valorInstalacao + this -> outros;

    double l; //residual

    l = p;

    do{
        n++;

        if(residual){
            l = l - (l * (this -> taxaDepreciacao / 100));
        }else{
            l = this -> valorSucata;
        }

        double i = this -> taxaAtratividade / 100.0;

        double p1 = p - (l / (pow (1 + i, n)));
        double p2 = (i * (pow (1 + i, n))) / ((pow (1 + i, n)) - 1);

        double caecN = p1 * p2;

        this -> CAEC.push_back(caecN);

        double c = this -> custosAnoUm;
        double f = this -> taxaDeCrescCustos / 100.0;

        double parte1 = (pow(((1 + f) / (1 + i)), n) - 1) / (f - i);
        double parte2 = (i * (pow(1 + i, n))) / ((pow(1 + i, n)) - 1);

        double caemN = c * parte1 * parte2;

        this -> CAEM.push_back(caemN);
        this -> CAUE.push_back(this -> CAEM.at(n)+this ->CAEC.at(n));

    }while(CAUE.at(n) < CAUE.at(n - 1));
```

Fonte: Pesquisa direta, 2009.

A figura 24 é a saída dos resultados. Com base no cálculo do CAUE e na comparação da vida útil econômica do equipamento com a vida útil da mina, apresenta-se uma tabela contendo a evolução do custo anual equivalente de capital, do custo anual equivalente de operação e manutenção e do custo anual uniforme equivalente

propriamente dito, período a período, até atingir a vida útil econômica do equipamento, fato caracterizado quando se alcança o ponto de menor valor do CAUE.

The screenshot shows a software application window titled "Cálculo de vida Útil de Equipamentos de Flotação". The window has a menu bar with "Arquivo" and "Ajuda". It is divided into several sections:

- Dados do Equipamento:** Includes input fields for "Equipamento:", "Marca:", "Modelo:", "Localização:", and a text area for "Observações:".
- Dados Econômicos:** Includes input fields for "Taxa Mínima de Atratividade:", "Taxa Anual de Crescimento dos Custos:", "Número de Dias Trabalhados por Ano:", "Taxa Anual de Depreciação:", "Custo da Energia:", and "Cotação do Dólar:".
- Vida Útil:** Includes input fields for "Estimativa da Vida Útil da Mina:", "Vida Útil do Equipamento:", and "Troca:".

At the bottom, there is a table with the following structure:

Período	CAEC	CAEM	CAUE
1			
2			

Figura 24: Tela dos resultados obtidos
Fonte: Pesquisa direta, 2009.

O período (ano) em que este fenômeno ocorrer é adotado como sendo a vida útil econômica do bem. Assim, compara-se este valor com a vida útil da mina. Isto porque uma das condições básicas para se efetuar a substituição deste equipamento é que sua vida útil econômica não seja maior que a vida útil da mina. Caso contrário, o investimento não seria recuperado em tempo hábil.

5.4.2. Excluindo, pesquisando ou exibindo equipamentos e gerando relatórios

O módulo “excluir equipamentos”, como o próprio nome diz, permite ao usuário apagar um equipamento registrado no banco de dados. O comando “pesquisar equipamentos” torna possível a busca de um equipamento já cadastrado anteriormente através de seu nome. À medida que o usuário vai digitando o nome, as opções já armazenadas no banco de dados vão aparecendo no espaço inferior da janela. Já o módulo exibir equipamentos, possibilita ao usuário exibir os dados referentes a um determinado equipamento também já cadastrado. Para tanto, é necessário digitar o nome com o qual o equipamento foi cadastrado previamente. As figuras 25, 26 e 27 mostram estes módulos.

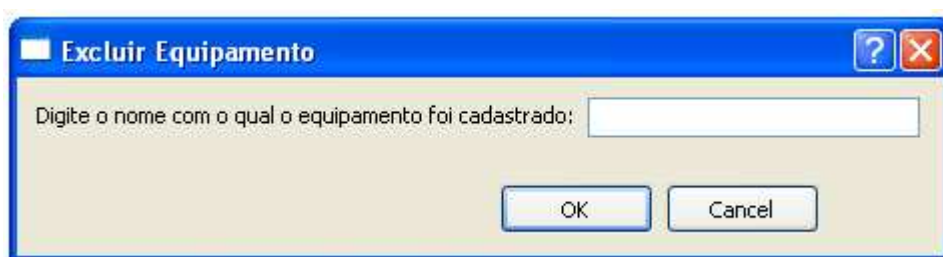


Figura 25: Excluir equipamento
Fonte: Pesquisa direta, 2009.



Figura 26: Exibir dados do equipamento
Fonte: Pesquisa direta, 2009.

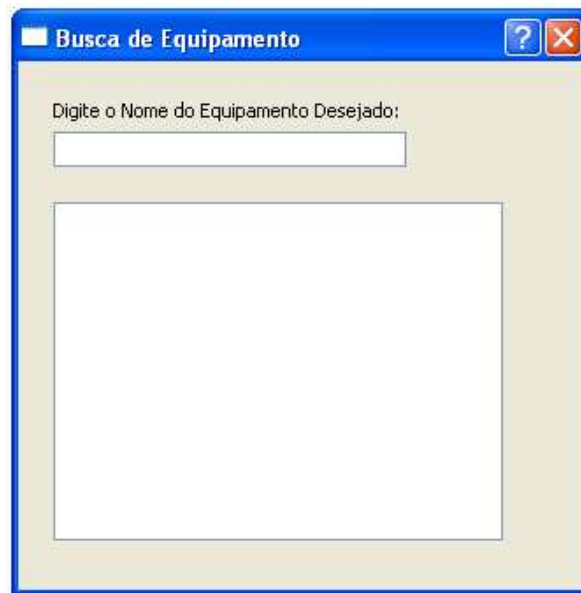


Figura 27: Busca de equipamentos
Fonte: Pesquisa direta, 2009.

A clicar na opção gerar relatórios, aparecerá uma janela para que o relatório (gerado em pdf) seja armazenado no computador do usuário. A janela supracitada é mostrada na figura 28.

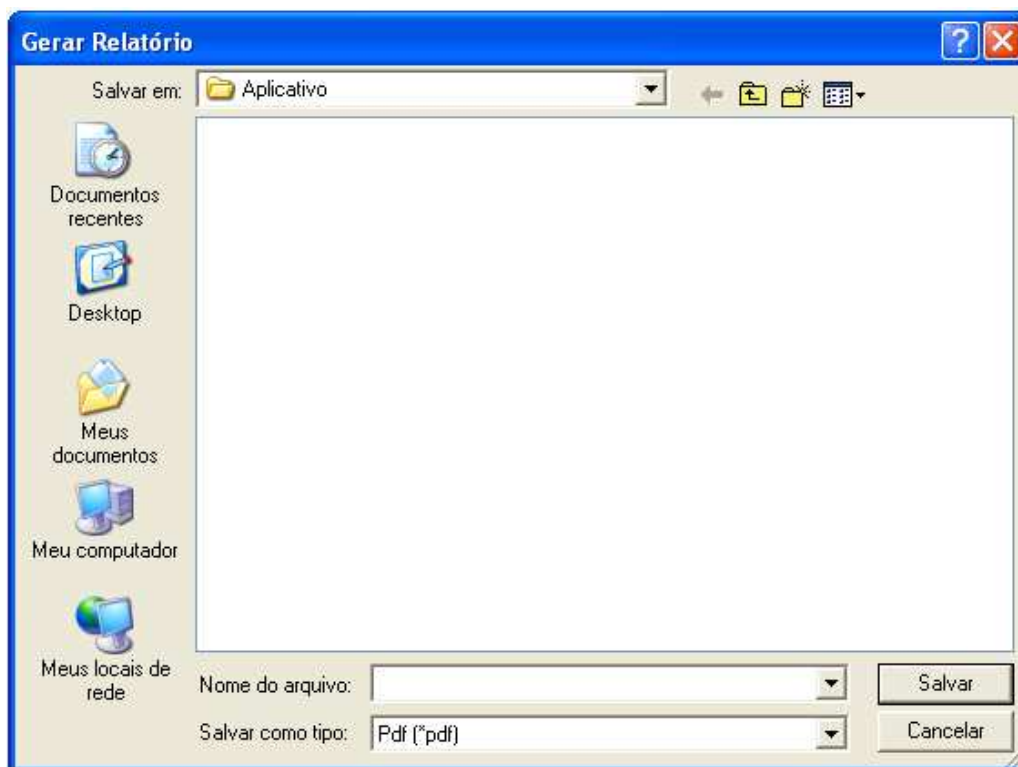


Figura 28: Salvar o relatório gerado
Fonte: Pesquisa direta, 2009.

5.5. Projeto hipotético de cálculo da vida útil econômica de um equipamento de flotação

A fim de ilustrar a aplicação do *software* desenvolvido neste trabalho, apresenta-se um projeto hipotético de cálculo da vida útil econômica de um equipamento de flotação, analisando a viabilidade de promover a sua substituição. Os dados de entrada serão apresentados a seguir.

1. Informações gerais

- Equipamento: Célula mecânica de flotação
- Marca: Wenco
- Modelo: *Open Flow*
- Localização: Mina X

2. Dados técnicos – Valores típicos de processo

- k : parâmetro cinético de flotação = $0,015 \text{ s}^{-1}$;
- R : recuperação metalúrgica = 92%;
- R_{∞} : recuperação máxima teórica = 96%;
- N : número de células de flotação em série = 8;
- Q_{sa} : vazão mássica de sólidos = 25 kg/s;
- ρ_s : massa específica do sólido = 3500 kg/m^3 ;
- ρ_f : massa específica do fluido = 1000 kg/m^3 ;
- Φ : concentração volumétrica do gás (*hold up*) = 0,12;
- f_{espuma} : fração de nível de espuma = 0,03;
- $f_{\text{acessórios}}$: fração de acessórios = 0,05;
- C_{ma} : concentração mássica = 0,40.

3. Dados econômicos

- Taxa mínima de atratividade = 12%;
- Taxa anual de crescimento dos custos = 15%;
- Valor residual: será considerada uma taxa anual de depreciação de 10%;
- Vida útil da mina = 20 anos;
- Custo da energia = R\$ 0,02 kW/h;
- Número de dias trabalhados no ano = 365;
- Cotação do dólar: R\$ 1,90.

5.5.1. Inserindo os dados no software

Com base nos dados hipotéticos fornecidos, realizou-se o cadastramento das informações no sistema. Para isso, é necessário acessar o menu <Arquivo> e escolher a opção <Inserir Equipamento> e preencher os campos na janela que surgirá, conforme a figura 29.

1 - Identificação do Equipamento

Equipamento: * Célula mecânica de flotação

Marca: * WENCO

Modelo: * Open Flow

Localização: * Mina X

Observações:

* Campos Obrigatórios

Avançar > Cancelar

Figura 29: Identificação do equipamento do caso hipotético
Fonte: Pesquisa direta, 2009.

Após o preenchimento dos campos, clica-se em “avançar” e aparecerá a figura 30, sendo necessário, portanto, inserir os dados técnicos exigidos.

Parâmetro	Valor
Parametro Cinético de Flotação: (s ⁻¹):	0,01500
Recuperação Metalúrgica (%):	92,00
Recuperação Máxima Teórica (%):	96,00
Número de Células de Flotação em Série:	8
Vazão Mássica de Sólidos (Kg/s):	25,00
Massa Específica do Sólido (Kg/m ³):	3500,00
Massa Específica do Fluido (Kg/m ³):	1000,00
Concentração Volumétrica do Gás (hold up):	0,12000
Fração do Nível de Espuma:	0,03000
Fração de Acessórios:	0,05000
Concentração Mássica:	0,40000

Figura 30: Dados técnicos do caso hipotético
 Fonte: Pesquisa direta, 2009.

Novamente com os campos preenchidos, clica-se em “avançar” e aparecerá a figura 31, para que seja efetuada a entrada dos dados econômicos.

Parâmetro	Valor
Taxa Mínima de Atratividade (%):	12,00
Taxa Anual de Crescimento dos Custos (%):	15,00
Valor Residual	
<input checked="" type="radio"/> Taxa Anual de Depreciação (%)	
<input type="radio"/> Valor de Sucata (\$)	10,00
Vida Útil Estimada da Mina (anos):	20
Custo da Energia (R\$):	0,02
Nº de Dias Trabalhados por Ano:	365
Cotação do Dólar (R\$):	1,90

Figura 31: Dados econômicos do caso hipotético
 Fonte: Pesquisa direta, 2009.

5.5.2. Realizando os cálculos e exibindo os resultados

Feito isso, basta clicar no botão “ok” para o aplicativo efetuar o cálculo da vida útil econômica do equipamento que será exibido na tela, representada pela figura 32.

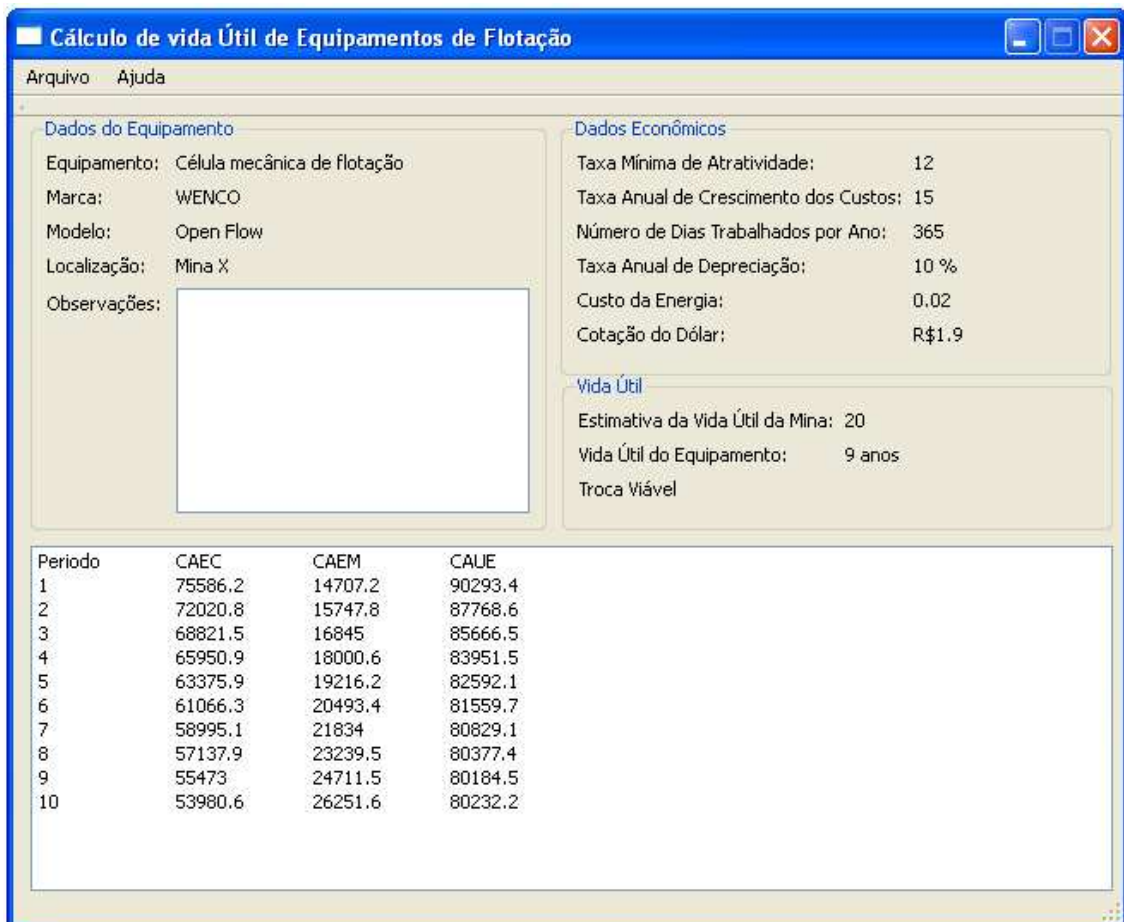


Figura 32: Resultados para o caso hipotético
Fonte: Pesquisa direta, 2009.

Nota-se que para o exemplo hipotético, a vida útil econômica das células é de 9 anos, e como a vida útil da mina é de 20 anos, torna-se viável a substituição das mesmas ao término deste período.

Na parte inferior da tela é exibida a progressão do custo anual equivalente de capital (CAEC), do custo anual equivalente de manutenção e operação (CAEM) e do

custo anual uniforme equivalente (CAUE) para cada período, até que o CAUE do período subsequente superou o valor do CAUE do período precedente.

É possível ainda gerar um relatório contendo todas as informações da análise feita. Basta ir até o menu <Arquivo> e escolher a opção <Gerar Relatório>, salvando o relatório no local desejado. O relatório do caso hipotético é apresentado na figura 33.

CÁLCULO DA VIDA ÚTIL DE EQUIPAMENTOS DE FLOTAÇÃO			
DADOS DO EQUIPAMENTO		DADOS TÉCNICOS	
Equipamento: Célula mecânica de flotação		Parâmetro cinético de flotação: 0,015 s ⁻¹	
Marca: Wenco		Recuperação metalúrgica: 92,0 %	
Modelo: <i>Open Flow</i>		Recuperação mássica teórica: 96,0 %	
Localização: Mina X		Número de células de flotação em série: 8	
DADOS ECONÔMICOS		Vazão mássica de sólidos: 25,0 kg/s	
Taxa mínima de atratividade: 12,0 %		Massa específica do sólido: 3500,0 kg/m ³	
Taxa anual de crescimento dos custos: 15,0 %		Massa específica do fluido: 1000,0 kg/m ³	
Taxa anual de depreciação: 10,0 %		Concentração volumétrica do gás (hold up): 0,12	
Custo unitário da energia: R\$ 0,02/kW-h		Fração de nível de espuma: 0,03	
Número de dias trabalhados no ano: 365		Fração de acessórios: 0,05	
Cotação do dólar: R\$ 1,90.		Cma: concentração mássica: 0,40	
VIDA ÚTIL		Tempo médio de residência em uma célula: 32,5 s	
Vida útil da usina: 20 anos		Tempo médio de residência no banco: 4,33 min	
Custo do Investimento: R\$ 343.574,52		Densidade da polpa: 1400,0 kg/m ³	
Vida útil do equipamento: 09 anos		Vazão mássica da polpa: 62,5 kg/s	
Troca viável		Vazão volumétrica da polpa: 0,0447 m ³ /s	
		Volume geométrico da célula: 1,790 m ³	
PERÍODO	CAEC	CAEM	CAUE
1	75586.2	14707.2	90293.4
2	72020.8	15747.8	87768.6
3	68821.5	16845.0	85666.5
4	65950.9	18000.6	83951.5
5	63375.9	19216.2	82592.1
6	61066.3	20493.4	81559.7
7	58995.1	21834.0	80829.1
8	57137.9	23239.5	80377.4
9	55473.0	24711.5	80184.5
10	53980.6	26251.6	80232.2

Figura 33: Relatório gerado pelo *software* para o caso hipotético
Fonte: Pesquisa direta, 2009.

Alguns parâmetros técnicos calculados também são exibidos, como o tempo médio de residência na célula (32,5 s), o tempo médio de residência no banco (4,33 minutos), massa específica da polpa (1400 kg/m^3), a vazão mássica da polpa (62,5 kg/s), a vazão volumétrica da polpa ($0,0447 \text{ m}^3/\text{s}$) e o volume geométrico da célula ($1,790 \text{ m}^3$).

Concluído o desenvolvimento do aplicativo, no próximo capítulo serão apresentadas as conclusões oriundas da elaboração desta dissertação. Além das conclusões, no capítulo 6 são propostas algumas recomendações para estudos futuros que busquem ampliar o horizonte de conhecimento sobre os assuntos tratados.

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Neste capítulo, apresentam-se as principais considerações, apontando-se, em seguida, as recomendações finais decorrentes da execução deste estudo.

6.1. Conclusões

O propósito desta pesquisa foi desenvolver uma ferramenta de análise de permutação de ativos fixos capaz de servir como suporte para os gestores das empresas tomarem decisões no que tange a substituição dos equipamentos de flotação através do cálculo de sua vida útil econômica.

Para se atingir o objetivo proposto, seguiu-se uma sistemática de estudo em quatro segmentos: fundamentação teórica, procedimentos metodológicos, desenvolvimento do aplicativo e apresentação de um caso hipotético de substituição de equipamentos de flotação.

O estudo de viabilidade da troca de equipamentos de flotação é de toda conveniência para qualquer organização, uma vez que o mesmo está diretamente relacionado com o desempenho técnico e com os custos de produção e, conseqüentemente, com o valor do produto final. A análise apresentada neste trabalho demonstrou-se ser bastante segura, pois se baseia em uma ampla análise de questões (técnicas, econômicas, entre outras), as quais servem de suporte para a tomada de decisões por parte dos interessados.

Dessa maneira, o *software* desenvolvido apresenta os recursos necessários para que os analistas possam, através de sua utilização, determinar o momento ótimo da

substituição, bem como proceder às variações percentuais dos principais indicadores econômicos de forma a obterem diferentes cenários para o mesmo.

Os resultados gerados pelo programa são obtidos com um baixo esforço computacional e fundamentados nas técnicas tradicionais já consagradas no cálculo da vida útil econômica.

Outro aspecto importante é o fato da interface do programa ser de fácil utilização, bastante similar aos aplicativos encontrados no mercado. Também são gerados relatórios detalhados para o acompanhamento das informações cadastradas e geradas pelo sistema.

A apresentação de um caso hipotético sobre o cálculo da vida útil econômica de um equipamento de flotação possibilitou descrever de forma clara o funcionamento do aplicativo, de maneira que os usuários possam ter um entendimento completo dos módulos do sistema.

Considerando-se o *software* desenvolvido e as análises feitas acima, pode-se afirmar que tanto o objetivo geral quanto os objetivos específicos deste trabalho foram prontamente alcançados nas diferentes etapas do estudo, apresentados em ordem, como demonstra o quadro 5.

Quadro 5 – Sequência dos objetivos e ordem de inserção no trabalho

NATUREZA DO OBJETIVO	DESCRIÇÃO	ORDEM DE INSERÇÃO NO TRABALHO
Objetivo Geral	Propor uma ferramenta de análise de permutação de ativos fixos que auxilie a empresa na tomada de decisão, utilizando o método do custo anual uniforme equivalente (CAUE), que determinará o momento ótimo de substituição dos equipamentos de flotação, ou seja, calculará a vida útil econômica dos mesmos.	Capítulo 5
Objetivos Específicos	Realizar uma revisão bibliográfica sobre o processo de flotação, incluindo seus princípios básicos, os reagentes utilizados no processo bem como as máquinas de flotação.	Capítulo 3
	Verificar no estado da arte as análises de substituição de equipamentos, considerando a sua vida econômica.	Capítulo 3
	Propor uma ferramenta de análise de substituição de equipamentos de flotação, utilizando o método do custo anual uniforme equivalente.	Capítulos 4 e 5
	Elaborar um software que faça o cálculo da vida útil econômica destes equipamentos.	Capítulos 4 e 5

Fonte: Pesquisa direta, 2009.

Interpretando o quadro 5, evidencia-se que o desenvolvimento do aplicativo foi possível a partir dos conceitos adquiridos na base teórica do estudo apresentada no capítulo 3 e dos procedimentos metodológicos definidos no capítulo 4, os quais deram origem e suporte para a execução do capítulo 5.

Toda essa interdependência entre os assuntos abordados e os objetivos culminou com o cumprimento ao que se propôs esta dissertação. No próximo item são apresentadas as recomendações para trabalhos futuros.

6.2. Recomendações

A partir dos resultados obtidos nesta pesquisa e da experiência de sua realização, propõem-se novos trabalhos que possam ampliar as limitações do presente trabalho. Dessa forma, são destacadas algumas recomendações para complementar este trabalho:

- Colocar como dados de entrada outros requisitos técnicos dos espessadores e filtros, e com base nestes, estimar os custos de operação e manutenção através da geração de equações;
- Criar uma rotina que plote os gráficos do custo anual equivalente de capital (CAEC), do custo anual equivalente de manutenção e operação (CAEM) e do custo anual uniforme equivalente (CAUE).

É esperado, com a realização deste estudo, que seja despertado o interesse de outros pesquisadores, que poderão, a partir das sugestões apresentadas, desenvolver trabalhos que possam difundir a área estudada, como também utilizar a metodologia seguida na execução deste estudo.

REFERÊNCIAS

ABU-ALI, M. H. e SABOUR, S. A. **Optimizing the design of flotation circuits an economic approach**. Minerals Engineering, 2003.

ASSAF NETO, A. **Finanças Corporativas e Valor**. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2005.

BORGERT, A., HUNTTEMANN, E. S. SCHULTZ, C. A. **Custo anual uniforme equivalente (CAUE) aplicado à avaliação de veículos populares**. XXVI ENEGEP - Fortaleza, CE, Brasil, 9 a 11 de Outubro de 2006.

BOTERO, A. E. C.; TOREM, M. L.; MESQUITA, L. M. S. **Perspectiva e potencial aplicação de biorreagentes na flotação de minerais**. Rev. Esc. Minas vol.61 no.1 Ouro Preto Jan./Mar. 2008

CASAROTTO FILHO, N. e KOPITTKE, B. H. **Análise de Investimentos**. 8ª ed. São Paulo: Atlas, 1998.

CAVENDER, B. **Mineral Production Costs: Analysis and Management**. USA: Society for Mining, Metallurgy and Exploration (SME), 1999.

CHAVES, A. P. **Teoria e Prática do Tratamento de Minérios**. 2. ed. São Paulo: Editora Signus, 2004.

DUARTE, C. L. G.; ALMEIDA, S. F.; ALMEIDA, P. L. P. e ROCHA, J. S. **Método do custo anual uniforme equivalente como ferramenta para a substituição de frota**. XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 09 a 11 de outubro de 2007.

FERREIRA, G. E. e ANDRADE, J. G. **Elaboração e avaliação econômica de projetos de mineração.** In Tratamento de Minérios. CETEM: Rio de Janeiro, Dezembro de 2002.

GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 3.ed. São Paulo: Atlas, 1996.

GREET, C.J., SMALL G.L., STEINIER, P., GRANO S.R. **The Magotteaux Mill: investigating the effect of grinding media on pulp chemistry and flotation performance.** Minerals Engineering, 3 March 2004.

HALBE, D. and SMOLIK, T.J. **Process Operating Costs with Applications in Mine Planning and Risk Analysis.** Presented at the Northwest Mining Association Annual Meeting, December, Spokane, WA, 2003.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Metodologia científica.** 2. ed. São Paulo: Atlas, 1995.

LEJA, J. **Surface chemistry of froth flotation.** New York: Plenum Press, 1982.

MASSARANI, G. **Fluidodinâmica em sistemas particulados.** 2ª ed. Rio de Janeiro: E-papers, 2002.

MONTE, M. B. M. e PERES A. E. C. **Química de superfície na flotação.** In Tratamento de Minérios. CETEM: Rio de Janeiro, Dezembro de 2004.

MORGAN, B. **Cost effective equipment applications zones.** Mine Planning and Equipment Selection. Rotterdam: Balkema, 1994.

MULAR, A. L. e PARKINSON, E. A. **Mineral processing equipment costs and preliminary capital cost estimations.** Canadian Institute of Mining and Metallurgy. Vol 13. Canada, 1972.

MULLER, J. M. **Filtração.** Departamento de Engenharia Química. Universidade Federal de Santa Catarina. 2009.

OLIVEIRA, J. F. **Apostila de Flotação,** 2003. Disponível em <http://www.cetem.gov.br/tendencias/diagnosticos/PARTE%20II%20TECNOLOGIA%20MINERAL/CAP%2003%20FLOTACAO.pdf>. Acessado em 15/04/2008.

OLIVEIRA, M. L. M. e AQUINO, J. A. **Aspectos relevantes das colunas de flotação.** XXI ENTMME, Natal-RN, novembro, 2005.

OLIVEIRA, M. L.M., LUZ, J. A. M., ROCHA, S. D. e SALUM, A. **Flotação.** Apostila dos professores do Departamento de Engenharia de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2004.

PAVIM, A. X. **Metodologia de Desenvolvimento para Projetos de Software.** Laboratório de Metrologia e Automatização – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2006.

PERES, A. E. C. e GUIMARÃES, R. C. **Máquinas de Flotação.** In Flotação – Apostila de treinamento da Samarco Mineração, 2005.

SCHENA, G. VILLENEUVE, J. NOEL, Y. **A method for a financially efficient design of cell-based flotation circuits.** Minerals Engineering, 1995.

SCHOENHALS, M. **Avaliação da eficiência do processo de flotação aplicado ao tratamento primário de efluentes de abatedouro avícola.** Dissertação submetida ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Química da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para obtenção do título de Mestre. Florianópolis –SC, 2006.

SENA, R. F. **Avaliação da biomassa obtida pela otimização da flotação de efluentes da indústria de carnes para geração de energia.** Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Química. Florianópolis-SC, 2005.

SILVA, E. L., MENEZES, E. M. **Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação.** 3a Edição Revisada Atualizada - Florianópolis: Laboratório de Ensino à Distância da UFSC, 2001.

SOMMERVILLE, I. **Engenharia de Software.** Editora Addison-Wesley, 2003.

SOUZA, A; CLEMENTE, A. **Decisões financeiras e análise de investimentos: fundamentos técnicas e aplicações.** 5a. Edição. São Paulo: Atlas, 2006.

TORQUATO, N. C. **Dimensionamento de espessadores convencionais aplicados a polpas de minério de ferro.** Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mineral da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Mineral. Ouro Preto – MG, 2008.

VERGARA, S. C. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. São Paulo: Atlas, 1997.

VEY, I. H. e ROSA R. M. **Substituição de frota em empresa de transporte municipal de passageiros: um estudo de caso**. IX convenção de contabilidade do Rio Grande do Sul. Gramado – RS. 13 a 15 de agosto de 2003.

WILLS, B.A. **Mineral Processing Technology**. Pergamon Press, New York, 5th ed. 1992.

ADENDO

Código fonte do aplicativo desenvolvido:

```
//-----  
#include "Principal.h"  
#include <QMessageBox>  
//-----  
Principal::Principal(QWidget *parent) : QMainWindow(parent){  
  
    //Iniciando a conexao ao BD.  
    con = new Conexao();  
  
    //Iniciando as 'Dialogs'  
    escolhaDialog = new EscolhaDialog();  
    escolhaDialog -> setParent(this, Qt::Dialog); //para que a janela não se comporte como uma aplicação  
    separada.  
  
    cIdDialog = new cIDDialog();  
    cIdDialog -> setParent(this, Qt::Dialog); //para que a janela não se comporte como uma aplicação  
    separada.  
    cTDialog = new cTecDialog();  
    cTDialog -> setParent(this, Qt::Dialog); //para que a janela não se comporte como uma aplicação  
    separada.  
    cEDialog = new cEcDialog();  
    cEDialog -> setParent(this, Qt::Dialog); //para que a janela não se comporte como uma aplicação  
    separada.  
    fEDialog = new FEscolhaDialog();  
    fEDialog -> setParent(this, Qt::Dialog); //para que a janela não se comporte como uma aplicação  
    separada.  
    fldDialog = new FIDDialog();  
    fldDialog -> setParent(this, Qt::Dialog); //para que a janela não se comporte como uma aplicação  
    separada.  
    fDDialog = new FDadosDialog();  
    fDDialog -> setParent(this, Qt::Dialog); //para que a janela não se comporte como uma aplicação  
    separada.  
    eEDialog = new EEscolhaDialog();  
    eEDialog -> setParent(this, Qt::Dialog); //para que a janela não se comporte como uma aplicação  
    separada.  
    eIdDialog = new EIDDialog();  
    eIdDialog -> setParent(this, Qt::Dialog); //para que a janela não se comporte como uma aplicação  
    separada.  
    eDDialog = new EDadosDialog();  
    eDDialog -> setParent(this, Qt::Dialog); //para que a janela não se comporte como uma aplicação  
    separada.  
  
    bEquipamento = new BuscaEquip();  
    bEquipamento -> setParent(this, Qt::Dialog); //para que a janela não se comporte como uma aplicação  
    separada.  
    exhibirEquip = new ExibirEquip();  
    exhibirEquip -> setParent(this, Qt::Dialog); //para que a janela não se comporte como uma aplicação  
    separada.  
    excluirEquip = new ExcluirEquip();  
    excluirEquip -> setParent(this, Qt::Dialog); //para que a janela não se comporte como uma aplicação  
    separada.  
  
    //Setup  
    ui.setupUi(this);  
  
    //Conectando os slots dos botões
```

```

//Slotsdomenu

//Arquivo
connect(ui.actionInserir_Equipamento, SIGNAL( triggered ( ) ), this, SLOT( inserirEquipamento() ));
connect(ui.actionPesquisar_Equipamentos, SIGNAL(triggered()), this, SLOT(buscaEquipamento()));
connect(ui.actionExibir_Equipamento, SIGNAL(triggered()), this, SLOT(exibeEquipamento()));
connect(ui.actionExcluir_Equipamento, SIGNAL(triggered()), this, SLOT(excluirEquipamento()));
connect(ui.actionGerar_Relat_rio, SIGNAL(triggered()), this, SLOT(relatorio()));
connect(ui.actionSair, SIGNAL(triggered()), this, SLOT(close()));
connect(escolhaDialog -> ui.escolhaButtonBox, SIGNAL(accepted()), this, SLOT(escolha()));
connect(escolhaDialog -> ui.escolhaButtonBox, SIGNAL(rejected()), escolhaDialog, SLOT(close()));

connect(cIdDialog -> ui.Cancelar, SIGNAL(pressed()), this, SLOT(cancelaOperacao()));
connect(cIdDialog -> ui.avancarBtn, SIGNAL(pressed()), this, SLOT(cIdentificacao()));
connect(cTDialog -> ui.avancarBtn, SIGNAL(pressed()), this, SLOT(cTecnicos()));
connect(cTDialog -> ui.cancelBtn, SIGNAL(pressed()), this, SLOT(cancelaOperacao()));
connect(cEDialog -> ui.buttonBox, SIGNAL(rejected()), this, SLOT(cancelaOperacao()));
connect(cEDialog -> ui.buttonBox, SIGNAL(accepted()), this, SLOT(cEconomicos()));
connect(cEDialog -> ui.radioButton, SIGNAL(clicked()), this, SLOT(radioButton1()));
connect(cEDialog -> ui.radioButton_2, SIGNAL(clicked()), this, SLOT(radioButton2()));

connect(fEDialog -> ui.fEscolhaButtonBox, SIGNAL(accepted()), this, SLOT(fEscolha()));
connect(fEDialog -> ui.fEscolhaButtonBox, SIGNAL(rejected()), fEDialog, SLOT(close()));
connect(fIdDialog -> ui.avancarBtn, SIGNAL(pressed()), this, SLOT(fIdentificacao()));
connect(fIdDialog -> ui.Cancelar, SIGNAL(pressed()), fIdDialog, SLOT(close()));
connect(fDDialog -> ui.buttonBox, SIGNAL(accepted()), this, SLOT(fDados()));
connect(fDDialog -> ui.buttonBox, SIGNAL(rejected()), fDDialog, SLOT(close()));
connect(fDDialog -> ui.radioButton, SIGNAL(clicked()), this, SLOT(radioButton1()));
connect(fDDialog -> ui.radioButton_2, SIGNAL(clicked()), this, SLOT(radioButton2()));

connect(eEDialog -> ui.eEscolhaButtonBox, SIGNAL(accepted()), this, SLOT(eEscolha()));
connect(eEDialog -> ui.eEscolhaButtonBox, SIGNAL(rejected()), eEDialog, SLOT(close()));
connect(eIdDialog -> ui.avancarBtn, SIGNAL(pressed()), this, SLOT(eIdentificacao()));
connect(eIdDialog -> ui.Cancelar, SIGNAL(pressed()), eIdDialog, SLOT(close()));
connect(eDDialog -> ui.buttonBox, SIGNAL(accepted()), this, SLOT(eDados()));
connect(eDDialog -> ui.buttonBox, SIGNAL(rejected()), eDDialog, SLOT(close()));
connect(eDDialog -> ui.radioButton, SIGNAL(clicked()), this, SLOT(radioButton1()));
connect(eDDialog -> ui.radioButton_2, SIGNAL(clicked()), this, SLOT(radioButton2()));

connect(bEquipamento -> ui.nomeLineEdit, SIGNAL(textChanged(QString)), this,
SLOT(atualizaEquip()));
connect(excluirEquip -> ui.buttonBox, SIGNAL(accepted()), this, SLOT(limpaTela()));
connect(excluirEquip -> ui.buttonBox, SIGNAL(rejected()), excluirEquip, SLOT(close()));
connect(exibirEquip -> ui.buttonBox, SIGNAL(accepted()), this, SLOT(atualizaTela()));
connect(bEquipamento -> ui.nomesListWidget, SIGNAL(itemDoubleClicked(QListWidgetItem*)),
this, SLOT(itemClicado()));

}

//-----
void Principal::salvarCelula(CelulaFlotacao *celulaFlotacao){

//Função que salva a celula no banco de dados.

//Monta a string para enviar os dados para o banco.
QString nome = this -> celula -> getNome();
QString marca = this -> celula -> getMarca();
QString modelo = this -> celula -> getModelo();
QString localizacao = this -> celula -> getLocalizacao();

```



```

QString obs = this -> celula -> getObs();
QString tipo = "CELULA";
QString viabilidade = (this -> celula -> getViabilidade()) ? "TRUE" : "FALSE";
int estimativaVidaMina = this -> celula -> getVidaMina();

QString campos = "Nome, Marca, Modelo, Localizacao, Observacoes, Tipo, Viabilidade";
QString values = "";
values.append(nome);
values.append(", ");
values.append(marca);
values.append(", ");
values.append(modelo);
values.append(", ");
values.append(localizacao);
values.append(", ");
values.append(obs);
values.append(", ");
values.append(tipo);
values.append(", ");
values.append(viabilidade);
values.append("");

```

```

con -> inserir_bd("Equipamento" , campos, values);

```

```

campos = "Equipamento_Nome";
values = "";
values.append(nome);
values.append("");
con -> inserir_bd("CelulaFlotacao" , campos, values);

```

```

int idEquipamento = (int) (time(NULL) / 100);
int idDadosT = idEquipamento;
double pcf = this -> celula -> getCineticoFlotacao();
double trmetal = this -> celula -> getRecMetalurgica();
double trmteorica = this -> celula -> getRecMaximaTeorico();
double cFlot = this -> celula -> getCelulasFlotacaoSerie();
double vMassica = this -> celula -> getVazaoMassicaSolido();
double dSolidos = this -> celula -> getDensidadeSolido();
double dFluidos = this -> celula -> getDensidadeFluido();
double cVGas = this -> celula -> getConcVolumetricaGas();
double fNEspuma = this -> celula -> getFracaoNivelEspuma();
double fAcessorios = this -> celula -> getFracaoAcessorios();
double cMassica = this -> celula -> getConcMassica();

```

```

campos = "idDados_Tecnicos, Equipamento, ParametroCineticoFlotacao, TaxaRecMetalurgica,
TaxaRecMaxTeorica, CelulasFlotacaoEmSerie, VazaoMassicaSolidos, DensidadeSolidos,
DensidadeFluidos, ConcVolGas, FracaoNivelEspuma, FracaoAcessorios, ConcMassica";
values = "";
values.append(QString::number(idDadosT, 10));
values.append(", ");
values.append(nome);
values.append(", ");
values.append(QString::number(pcf, 'g', 6));
values.append(", ");
values.append(QString::number(trmetal, 'g', 6));
values.append(", ");
values.append(QString::number(trmteorica, 'g', 6));

```

```

values.append("", "");
values.append(QString::number(cFlot, 'g', 6));
values.append("", "");
values.append(QString::number(vMassica, 'g', 6));
values.append("", "");
values.append(QString::number(dSolidos, 'g', 6));
values.append("", "");
values.append(QString::number(dFluidos, 'g', 6));
values.append("", "");
values.append(QString::number(cVGas, 'g', 6));
values.append("", "");
values.append(QString::number(fNEspuma, 'g', 6));
values.append("", "");
values.append(QString::number(fAcessorios, 'g', 6));
values.append("", "");
values.append(QString::number(cMassica, 'g', 6));
values.append("");

con -> inserir_bd("Dados_Tecnicos" , campos, values);

```

```

int idDadosE = idEquipamento;
double atratividade = this -> celula -> getAtratividade();
double tCCustos = this -> celula -> getTaxaCresc();
double vResidual = this -> celula -> getValorResidual();
double eVMina = this -> celula -> getVidaMina();
double cEnergia = this -> celula -> getCustoEnergia();
double dTAno = this -> celula -> getDiasTrabAno();
double cotacao = this -> celula -> getCotacaoDolar();
QString residual = (this -> celula -> getResidual()) ? "TRUE" : "FALSE";

```

```

campos = "idDados_Economicos, Equipamento, Atratividade, TaxaCrescCustos, ValorResidual,
EstimativaVidaMina, CustoEnergia, DiasTrabAno, CotacaoDolar, Residual";

```

```

values = "";
values.append(QString::number(idDadosE, 10));
values.append("", "");
values.append(nome);
values.append("", "");
values.append(QString::number(atratividade, 'g', 6));
values.append("", "");
values.append(QString::number(tCCustos, 'g', 6));
values.append("", "");
values.append(QString::number(vResidual, 'g', 6));
values.append("", "");
values.append(QString::number(eVMina, 'g', 6));
values.append("", "");
values.append(QString::number(cEnergia, 'g', 6));
values.append("", "");
values.append(QString::number(dTAno, 'g', 6));
values.append("", "");
values.append(QString::number(cotacao, 'g', 6));
values.append("", "");
values.append(residual);
values.append("");

```

```

con -> inserir_bd("Dados_Economicos" , campos, values);
this -> exibirEquip -> ui.lineEdit -> setText(nome);
this -> atualizaTela();

```

```

}

```

```

//-----
void Principal::salvarFiltro(Filtro *filtro){

    //Função que salva o filtro no banco de dados.

    //Monta a string para enviar os dados para o banco.
    QString nome = filtro -> getNome();
    QString marca = filtro -> getMarca();
    QString modelo = filtro -> getModelo();
    QString localizacao = filtro -> getLocalizacao();
    QString obs = filtro -> getObs();
    QString tipo = "FILTRO";
    QString viabilidade = (filtro -> getViabilidade()) ? "TRUE" : "FALSE";
    int estimativaVidaMina = filtro -> getVidaMina();

    QString campos = "Nome, Marca, Modelo, Localizacao, Observacoes, Tipo, Viabilidade";
    QString values = "";
    values.append(nome);
    values.append(", ");
    values.append(marca);
    values.append(", ");
    values.append(modelo);
    values.append(", ");
    values.append(localizacao);
    values.append(", ");
    values.append(obs);
    values.append(", ");
    values.append(tipo);
    values.append(", ");
    values.append(viabilidade);
    values.append("");

    con -> inserir_bd("Equipamento" , campos, values);

    campos = "Equipamento_Nome, Tipo, Area";
    QString eNome = filtro -> getNome();
    QString fTipo = (filtro -> getTipo()) ? "DISCO" : "TAMBOR";
    double area = filtro -> getArea();

    values = "";
    values.append(eNome);
    values.append(", ");
    values.append(fTipo);
    values.append(", ");
    values.append(QString::number(area, 'g', 6));
    values.append("");
    con -> inserir_bd("Filtro" , campos, values);

    campos = "Equipamento, Atratividade, TaxaCrescCustos, EstVidaMina, CustoAnoUm, CotacaoDolar,
ValorResidual, Residual";
    QString fName = eNome;
    double atratividade = filtro -> getAtratividade();
    double tCCustos = filtro -> getTaxaCresc();
    double eVMina = filtro -> getVidaMina();
    double cAno = filtro -> getCustoAno();
    double cotacao = filtro -> getCotacaoDolar();
    double vResidual = filtro -> getValorResidual();
    QString residual = (filtro -> getResidual()) ? "TRUE" : "FALSE";

```

```

values = "";
values.append(fNome);
values.append(",");
values.append(QString::number(atratividade, 'g', 6));
values.append(",");
values.append(QString::number(tCCustos, 'g', 6));
values.append(",");
values.append(QString::number(eVMina, 'g', 6));
values.append(",");
values.append(QString::number(cAno, 'g', 6));
values.append(",");
values.append(QString::number(cotacao, 'g', 6));
values.append(",");
values.append(QString::number(vResidual, 'g', 6));
values.append(",");
values.append(residual);
values.append("");
con -> inserir_bd("Dados" , campos, values);
this -> exibirEquip -> ui.lineEdit -> setText(nome);
this -> atualizaTela();

}

//-----
void Principal::salvarEspessador(Espessador *espessador){

//Função que salva o filtro no banco de dados.

//Monta a string para enviar os dados para o banco.
QString nome = espessador -> getNome();
QString marca = espessador -> getMarca();
QString modelo = espessador -> getModelo();
QString localizacao = espessador -> getLocalizacao();
QString obs = espessador -> getObs();
QString tipo = "ESPESSADOR";
QString viabilidade = (espessador -> getViabilidade()) ? "TRUE" : "FALSE";
int estimativaVidaMina = espessador -> getVidaMina();

QString campos = "Nome, Marca, Modelo, Localizacao, Observacoes, Tipo, Viabilidade";
QString values = "";
values.append(nome);
values.append(",");
values.append(marca);
values.append(",");
values.append(modelo);
values.append(",");
values.append(localizacao);
values.append(",");
values.append(obs);
values.append(",");
values.append(tipo);
values.append(",");
values.append(viabilidade);
values.append("");

con -> inserir_bd("Equipamento" , campos, values);

campos = "Equipamento_Nome, Tipo, Diametro";
QString eNome = espessador -> getNome();

```

```

QString fTipo = (espessador -> getTipo()) ? "CONCENTRADO" : "LAMA";
double diametro = espessador -> getDiametro();

values = "";
values.append(eNome);
values.append(", ");
values.append(fTipo);
values.append(", ");
values.append(QString::number(diametro, 'g', 6));
values.append("");
con -> inserir_bd("Espessador" , campos, values);

campos = "Equipamento, Atratividade, TaxaCrescCustos, EstVidaMina, CustoAnoUm, CotacaoDolar,
ValorResidual, Residual";
QString fName = eNome;
double atratividade = espessador -> getAtratividade();
double tCCustos = espessador -> getTaxaCresc();
double eVMina = espessador -> getVidaMina();
double cAno = espessador -> getCustoAno();
double cotacao = espessador -> getCotacaoDolar();
double vResidual = espessador -> getValorResidual();
QString residual = (espessador -> getResidual()) ? "TRUE" : "FALSE";
values = "";
values.append(fNome);
values.append(", ");
values.append(QString::number(atratividade, 'g', 6));
values.append(", ");
values.append(QString::number(tCCustos, 'g', 6));
values.append(", ");
values.append(QString::number(eVMina, 'g', 6));
values.append(", ");
values.append(QString::number(cAno, 'g', 6));
values.append(", ");
values.append(QString::number(cotacao, 'g', 6));
values.append(", ");
values.append(QString::number(vResidual, 'g', 6));
values.append(", ");
values.append(residual);
values.append("");
con -> inserir_bd("Dados" , campos, values);
this -> exibirEquip -> ui.lineEdit -> setText(nome);
this -> atualizaTela();

}

//-----
void Principal::operacao(){

    QMessageBox::information(this, "Método não definido",
        "Este botão ainda não pode ser acessado",
        QMessageBox::Ok);
}

//-----
void Principal::radioButton1(){

    //Altera o valor limite para o valor de entrada do valor residual.
    //No caso da taxa o valor limite é 100.
    this -> cEDialog -> ui.residualDSBox -> setMaximum(100.0);
}

```

```

    this -> fDDialog -> ui.residualDSBox -> setMaximum(100.0);
    this -> eDDialog -> ui.residualDSBox -> setMaximum(100.0);
}

//-----
void Principal::radioButton2(){

    //Altera o valor limite para o valor de entrada do valor residual.
    //No caso do valor de sucata não há valor limite.
    this -> cEDialog -> ui.residualDSBox -> setMaximum(99999999.990000);
    this -> fDDialog -> ui.residualDSBox -> setMaximum(99999999.990000);
    this -> eDDialog -> ui.residualDSBox -> setMaximum(99999999.990000);
}

//-----
void Principal::inserirEquipamento(){

    //Cria a classe para armazenar os dados.
    //equipamento = new CelulaFlotacao();

    //Abre uma nova janela de formulário.
    this -> escolhaDialog -> show();

}

//-----
void Principal::cancelaOperacao(){

    //No caso do usuário clicar em 'cancelar' esta função é executada.
    cIdDialog -> close();
    cTDialog -> close();
    cEDialog -> close();

    delete this -> equipamento;
    delete this -> cIdDialog;
    delete this -> cTDialog;
    delete this -> cEDialog;

    //Reinicializando as 'Dialogs'.
    cIdDialog = new cIDDialog();
    cIdDialog -> setParent(this, Qt::Dialog); //para que a janela não se comporte como uma aplicação
separada.
    cTDialog = new cTecDialog();
    cTDialog -> setParent(this, Qt::Dialog); //para que a janela não se comporte como uma aplicação
separada.
    cEDialog = new cEcDialog();
    cEDialog -> setParent(this, Qt::Dialog); //para que a janela não se comporte como uma aplicação
separada.
    connect(cIdDialog -> ui.Cancelar, SIGNAL(pressed()), this, SLOT(cancelaOperacao()));
    connect(cIdDialog -> ui.avancarBtn, SIGNAL(pressed()), this, SLOT(cIdentificacao()));
    connect(cTDialog -> ui.avancarBtn, SIGNAL(pressed()), this, SLOT(cTecnicos()));
    connect(cTDialog -> ui.cancelBtn, SIGNAL(pressed()), this, SLOT(cancelaOperacao()));
    connect(cEDialog -> ui.buttonBox, SIGNAL(rejected()), this, SLOT(cancelaOperacao()));
    connect(cEDialog -> ui.buttonBox, SIGNAL(accepted()), this, SLOT(concluir()));
    connect(cEDialog -> ui.radioButton, SIGNAL(clicked()), this, SLOT(radioButton1()));
    connect(cEDialog -> ui.radioButton_2, SIGNAL(clicked()), this, SLOT(radioButton2()));

}

//-----

```

```

void Principal::cIdentificacao(){

    //Verifica se os campos obrigatórios foram preenchidos.
    if(this -> cIdDialog -> ui.equipamentoLineEdit -> text().compare("") == 0){
        QMessageBox::critical(0,"Erro", "Os campos com '*' devem ser preenchidos",
            QMessageBox::Ok);
        return;
    }

    if(this -> cIdDialog -> ui.marcaLineEdit -> text().compare("") == 0){
        QMessageBox::critical(0,"Erro", "Os campos com '*' devem ser preenchidos",
            QMessageBox::Ok);
        return;
    }

    if(this -> cIdDialog -> ui.modeloLineEdit -> text().compare("") == 0){
        QMessageBox::critical(0,"Erro", "Os campos com '*' devem ser preenchidos",
            QMessageBox::Ok);
        return;
    }

    if(this -> cIdDialog -> ui.localizacaoLineEdit -> text().compare("") == 0){
        QMessageBox::critical(0,"Erro", "Os campos com '*' devem ser preenchidos",
            QMessageBox::Ok);
        return;
    }

    this -> celula = new CelulaFlotacao();

    //Salva os dados da primeira parte do formulário.
    this -> celula -> setNome(this -> cIdDialog -> ui.equipamentoLineEdit -> text());
    this -> celula -> setMarca(this -> cIdDialog -> ui.marcaLineEdit -> text());
    this -> celula -> setModelo(this -> cIdDialog -> ui.modeloLineEdit -> text());
    this -> celula -> setLocalizacao(this -> cIdDialog -> ui.localizacaoLineEdit -> text());
    this -> celula -> setObs(this -> cIdDialog -> ui.plainTextEdit -> toPlainText());

    this -> cIdDialog -> hide();
    //Abre a segunda janela de formulário.
    this -> cTDialog -> show();

}

//-----
void Principal::cTecnicos(){

    //Salva os dados da segunda parte do formulário.
    this -> celula -> setCineticoFlotacao(this -> cTDialog -> ui.cineticoFlotacaoDSbox -> value());
    this -> celula -> setRecMetalurgica(this -> cTDialog -> ui.recMetDSBox -> value());
    this -> celula -> setRecMaximaTeorico(this -> cTDialog -> ui.recMaxDSBox -> value());
    this -> celula -> setCelulasFlotacaoSerie(this -> cTDialog -> ui.numCelSpinBox -> value());
    this -> celula -> setVazaoMassicaSolido(this -> cTDialog -> ui.vazaoMasDSBox -> value());
    this -> celula -> setDensidadeSolido(this -> cTDialog -> ui.densidadeSolidoDSBOX -> value());
    this -> celula -> setDensidadeFluido(this -> cTDialog -> ui.densidadeFluidoDSBox -> value());
    this -> celula -> setConcVolumetricaGas(this -> cTDialog -> ui.concVolDSBox -> value());
    this -> celula -> setFracaoNivelEspuma(this -> cTDialog -> ui.fracaoEspumaDSBox -> value());
    this -> celula -> setFracaoAcessorios(this -> cTDialog -> ui.fracaoAcessoriosDSBox -> value());
    this -> celula -> setConcMassica(this -> cTDialog -> ui.concMassDSBox -> value());

    this -> cTDialog -> hide();
}

```

```

//Abre a segunda janela de formulário.
this -> cEDialog -> show();
}

//-----
void Principal::cEconomicos(){

//Salva os dados da terceira parte do formulário.
this -> celula -> setAtratividade(this -> cEDialog -> ui.atratividadeDSBox -> value());
this -> celula -> setTaxaCresc(this -> cEDialog -> ui.taxaDSBox -> value());
this -> celula -> setVidaMina(this -> cEDialog -> ui.vidaMinaSpinBox -> value());

bool residual;
if(this -> cEDialog -> ui.radioButton -> isChecked()){
    residual = true;
}
else{
    residual = false;
}

this -> celula -> setResidual(residual, this -> cEDialog -> ui.residualDSBox -> value());
this -> celula -> setCustoEnergia(this -> cEDialog -> ui.custoEnergiaDSBox -> value());
this -> celula -> setDiasTrabAno(this -> cEDialog -> ui.diasAnoSpinBox -> value());
this -> celula -> setCotacaoDolar(this -> cEDialog -> ui.cotacaoDSBox -> value());

this -> cEDialog -> close();

this -> celula -> calculaVidaUtil();
this -> salvarCelula(this -> celula);

delete this -> cIdDialog;
delete this -> cTDialog;
delete this -> cEDialog;

//Reinicializando as 'Dialogs'.
this -> cIdDialog = new cIDDialog();
this -> cIdDialog -> setParent(this, Qt::Dialog); //para que a janela não se comporte como uma
aplicação separada.
this -> cTDialog = new cTecDialog();
this -> cTDialog -> setParent(this, Qt::Dialog); //para que a janela não se comporte como uma
aplicação separada.
this -> cEDialog = new cEcDialog();
this -> cEDialog -> setParent(this, Qt::Dialog); //para que a janela não se comporte como uma
aplicação separada.
connect(this -> cIdDialog -> ui.Cancelar, SIGNAL(pressed()), this, SLOT(cancelaOperacao()));
connect(this -> cIdDialog -> ui.avancarBtn, SIGNAL(pressed()), this, SLOT(cIdentificacao()));
connect(this -> cTDialog -> ui.avancarBtn, SIGNAL(pressed()), this, SLOT(cTecnicos()));
connect(this -> cTDialog -> ui.cancelBtn, SIGNAL(pressed()), this, SLOT(cancelaOperacao()));
connect(this -> cEDialog -> ui.buttonBox, SIGNAL(rejected()), this, SLOT(cancelaOperacao()));
connect(this -> cEDialog -> ui.buttonBox, SIGNAL(accepted()), this, SLOT(cEconomicos()));
connect(this -> cEDialog -> ui.radioButton, SIGNAL(clicked()), this, SLOT(radioButton1()));
connect(this -> cEDialog -> ui.radioButton_2, SIGNAL(clicked()), this, SLOT(radioButton2()));

}

//-----
void Principal::fEscolha(){

this -> filtro = new Filtro();

```



```

if(this -> fEDialog -> ui.discoRButton -> isChecked()){

    this -> filtro -> setTipo(true);
}
else if(this -> fEDialog -> ui.tamborRButton -> isChecked()){

    this -> filtro -> setTipo(false);
}

this -> fEDialog -> hide();
this -> fldDialog -> show();

}

//-----
void Principal::fIdentificacao(){

    //Verifica se os campos obrigatórios foram preenchidos.
    if(this -> fldDialog -> ui.equipamentoLineEdit -> text().compare("") == 0){
        QMessageBox::critical(0,"Erro", "Os campos com '*' devem ser preenchidos",
            QMessageBox::Ok);
        return;
    }

    if(this -> fldDialog -> ui.marcaLineEdit -> text().compare("") == 0){
        QMessageBox::critical(0,"Erro", "Os campos com '*' devem ser preenchidos",
            QMessageBox::Ok);
        return;
    }

    if(this -> fldDialog -> ui.modeloLineEdit -> text().compare("") == 0){
        QMessageBox::critical(0,"Erro", "Os campos com '*' devem ser preenchidos",
            QMessageBox::Ok);
        return;
    }

    if(this -> fldDialog -> ui.localizacaoLineEdit -> text().compare("") == 0){
        QMessageBox::critical(0,"Erro", "Os campos com '*' devem ser preenchidos",
            QMessageBox::Ok);
        return;
    }

    //Salva os dados da primeira parte do formulário.
    this -> filtro -> setNome(this -> fldDialog -> ui.equipamentoLineEdit -> text());
    this -> filtro -> setMarca(this -> fldDialog -> ui.marcaLineEdit -> text());
    this -> filtro -> setModelo(this -> fldDialog -> ui.modeloLineEdit -> text());
    this -> filtro -> setLocalizacao(this -> fldDialog -> ui.localizacaoLineEdit -> text());
    this -> filtro -> setObs(this -> fldDialog -> ui.plainTextEdit -> toPlainText());

    this -> fldDialog -> hide();
    this -> fDDialog -> show();
}

//-----
void Principal::fDados(){

    //Salva os dados da ultima parte do formulário.
    this -> filtro -> setArea(this -> fDDialog -> ui.areaDSBox -> value());
    this -> filtro -> setAtratividade(this -> fDDialog -> ui.atratividadeDSBox -> value());
}

```

```

this -> filtro -> setTaxaCresc(this -> fDDialog -> ui.taxaDSBox -> value());
this -> filtro -> setVidaMina(this -> fDDialog -> ui.vidaMinaSpinBox -> value());

bool residual;
if(this -> fDDialog -> ui.radioButton -> isChecked()){
    residual = true;
}
else{
    residual = false;
}

this -> filtro -> setResidual(residual, this -> fDDialog -> ui.residualDSBox -> value());
this -> filtro -> setCustoAno(this -> fDDialog -> ui.custoAnoDSBox -> value());
this -> filtro -> setCotacaoDolar(this -> fDDialog -> ui.cotacaoDSBox -> value());

this -> fDDialog -> close();

this -> filtro -> calculaVidaUtil();
this -> salvarFiltro(this -> filtro);

delete this -> fEDialog;
delete this -> fDDialog;
delete this -> fldDialog;

//Reinicializando as Dialog's
fEDialog = new FEscolhaDialog();
fEDialog -> setParent(this, Qt::Dialog);//para que a janela não se comporte como uma aplicação
separada.
fldDialog = new FIDDialog();
fldDialog -> setParent(this, Qt::Dialog);//para que a janela não se comporte como uma aplicação
separada.
fDDialog = new FDadosDialog();
fDDialog -> setParent(this, Qt::Dialog);//para que a janela não se comporte como uma aplicação
separada.

connect(fEDialog -> ui.fEscolhaButtonBox, SIGNAL(accepted()), this, SLOT(fEscolha()));
connect(fEDialog -> ui.fEscolhaButtonBox, SIGNAL(rejected()), fEDialog, SLOT(close()));
connect(fldDialog -> ui.avancarBtn, SIGNAL(pressed()), this, SLOT(fIdentificacao()));
connect(fldDialog -> ui.Cancelar, SIGNAL(pressed()), fldDialog, SLOT(close()));
connect(fDDialog -> ui.buttonBox, SIGNAL(accepted()), this, SLOT(fDados()));
connect(fDDialog -> ui.buttonBox, SIGNAL(rejected()), fDDialog, SLOT(close()));
connect(fDDialog -> ui.radioButton, SIGNAL(clicked()), this, SLOT(radioButton1()));
connect(fDDialog -> ui.radioButton_2, SIGNAL(clicked()), this, SLOT(radioButton2()));

}

//-----
void Principal::eEscolha(){

    this -> espessador = new Espessador();

    if(this -> eEDialog -> ui.concentradoRButton -> isChecked()){

        this -> espessador -> setTipo(true);
    }
    else if(this -> eEDialog -> ui.lamaRButton -> isChecked()){

        this -> espessador -> setTipo(false);
    }
}

```

```

this -> eDialog -> hide();
this -> eIdDialog -> show();

}

//-----
void Principal::eIdentificacao(){

//Verifica se os campos obrigatórios foram preenchidos.
if(this -> eIdDialog -> ui.equipamentoLineEdit -> text().compare("") == 0){
    QMessageBox::critical(0,"Erro", "Os campos com '*' devem ser preenchidos",
        QMessageBox::Ok);
    return;
}

if(this -> eIdDialog -> ui.marcaLineEdit -> text().compare("") == 0){
    QMessageBox::critical(0,"Erro", "Os campos com '*' devem ser preenchidos",
        QMessageBox::Ok);
    return;
}

if(this -> eIdDialog -> ui.modeloLineEdit -> text().compare("") == 0){
    QMessageBox::critical(0,"Erro", "Os campos com '*' devem ser preenchidos",
        QMessageBox::Ok);
    return;
}

if(this -> eIdDialog -> ui.localizacaoLineEdit -> text().compare("") == 0){
    QMessageBox::critical(0,"Erro", "Os campos com '*' devem ser preenchidos",
        QMessageBox::Ok);
    return;
}

//Salva os dados da primeira parte do formulário.
this -> espessador -> setNome(this -> eIdDialog -> ui.equipamentoLineEdit -> text());
this -> espessador -> setMarca(this -> eIdDialog -> ui.marcaLineEdit -> text());
this -> espessador -> setModelo(this -> eIdDialog -> ui.modeloLineEdit -> text());
this -> espessador -> setLocalizacao(this -> eIdDialog -> ui.localizacaoLineEdit -> text());
this -> espessador -> setObs(this -> eIdDialog -> ui.plainTextEdit -> toPlainText());

this -> eIdDialog -> hide();
this -> eDDialog -> show();

}

//-----
void Principal::eDados(){

//Salva os dados da ultima parte do formulário.
this -> espessador -> setDiametro(this -> eDDialog -> ui.diametroDSBox -> value());
this -> espessador -> setAtratividade(this -> eDDialog -> ui.atratividadeDSBox -> value());
this -> espessador -> setTaxaCresc(this -> eDDialog -> ui.taxaDSBox -> value());
this -> espessador -> setVidaMina(this -> eDDialog -> ui.vidaMinaSpinBox -> value());

bool residual;
if(this -> eDDialog -> ui.radioButton -> isChecked()){
    residual = true;
}
else{
    residual = false;
}
}

```

```

}

this -> espessador -> setResidual(residual, this -> eDDialog -> ui.residualDSBox -> value());
this -> espessador -> setCustoAno(this -> eDDialog -> ui.custoAnoDSBox -> value());
this -> espessador -> setCotacaoDolar(this -> eDDialog -> ui.cotacaoDSBox -> value());

this -> eDDialog -> close();

this -> espessador -> calculaVidaUtil();
this -> salvarEspessador(this -> espessador);

delete this -> eEDialog;
delete this -> eDDialog;
delete this -> eIdDialog;

//Reinicializando as Dialog's
eEDialog = new EEscolhaDialog();
eEDialog -> setParent(this, Qt::Dialog);//para que a janela não se comporte como uma aplicação
separada.
eIdDialog = new EIDDialog();
eIdDialog -> setParent(this, Qt::Dialog);//para que a janela não se comporte como uma aplicação
separada.
eDDialog = new EDadosDialog();
eDDialog -> setParent(this, Qt::Dialog);//para que a janela não se comporte como uma aplicação
separada.

connect(eEDialog -> ui.eEscolhaButtonBox, SIGNAL(accepted()), this, SLOT(eEscolha()));
connect(eEDialog -> ui.eEscolhaButtonBox, SIGNAL(rejected()), eEDialog, SLOT(close()));
connect(eIdDialog -> ui.avancarBtn, SIGNAL(pressed()), this, SLOT(eIdentificacao()));
connect(eIdDialog -> ui.Cancelar, SIGNAL(pressed()), eIdDialog, SLOT(close()));
connect(eDDialog -> ui.buttonBox, SIGNAL(accepted()), this, SLOT(eDados()));
connect(eDDialog -> ui.buttonBox, SIGNAL(rejected()), eDDialog, SLOT(close()));
connect(eDDialog -> ui.radioButton, SIGNAL(clicked()), this, SLOT(radioButton1()));
connect(eDDialog -> ui.radioButton_2, SIGNAL(clicked()), this, SLOT(radioButton2()));

}

//-----
void Principal::atualizaEquip(){

//Atualiza a janela de 'pesquisa de equipamentos'.
this -> bEquipamento -> ui.nomesListWidget -> clear();
QString query;
bool ok = query.exec("SELECT Nome, Marca FROM Equipamento WHERE Nome LIKE '%" + this -
> bEquipamento -> ui.nomeLineEdit -> text() + "%' ORDER BY Nome");

this -> bEquipamento -> ui.nomesListWidget -> addItem("NOMES\t\tMARCAS\t");
while (query.next()) {

    QString nome = query.value(0).toString();
    QString marca = query.value(1).toString();
    this -> bEquipamento -> ui.nomesListWidget -> addItem(nome + " \t" + marca);
}

if(!ok){
    QMessageBox::critical(0,"Erro", query.lastError().text().toLatin1(),
        QMessageBox::Ok);
}
}
}

```

```

//-----
void Principal::buscaEquipamento(){

    this -> bEquipamento -> ui.nomeLineEdit -> clear();
    this -> bEquipamento -> ui.nomesListWidget -> clear();
    this -> bEquipamento -> show();
}

//-----
void Principal::exibeEquipamento(){

    this -> exibirEquip -> ui.lineEdit -> clear();
    this -> exibirEquip -> show();
}

//-----
void Principal::excluirEquipamento(){

    this -> excluirEquip -> ui.lineEdit -> clear();
    this -> excluirEquip -> show();
}

//-----
void Principal::relatorio(){

    QString lbl = this -> ui.tipoEquipLabel2 -> text();
    QStringList qst = lbl.split(" ");
    lbl = qst.first();
    if(lbl.compare("Filtro") == 0){
        this -> filtro -> gerarRelatorio();
    }
    else if(lbl.compare("Espessador") == 0){
        this -> espessador -> gerarRelatorio();
    }
    else if(lbl.compare("Célula") == 0){
        this -> celula -> gerarRelatorio();
    }
}

//-----
void Principal::atualizaTela(){

    //Função que exibe os dados armazenados na tela principal do programa.
    this -> ui.listWidget -> clear();

    if(this -> exibirEquip -> ui.lineEdit -> text().compare("") == 0){
        QMessageBox::critical(0,"Erro", "O campo de nome deve ser preenchido.\n Caso esteja em dúvida
        utilize a pesquisa.",
        QMessageBox::Ok);
        //return;
    }

    //Pesquisa no banco de dados o equipamento, utilizando o nome como chave de pesquisa.
    QString nome = this -> exibirEquip -> ui.lineEdit -> text();
    QSqlQuery query;
    bool ok;
    ok = query.exec("SELECT * FROM 'Equipamento' WHERE Nome = " + nome + "");

    if(!ok){

```

```

    QMessageBox::critical(0,"Erro1", query.lastError().text().toLatin1(),
        QMessageBox::Ok);
    return;
}

query.next();
QString tipo = query.value(5).toString();

if(tipo.compare("CELULA") == 0){
    this -> celula = new CelulaFlotacao();

    this -> celula -> setNome(query.value(0).toString());
    this -> celula -> setMarca(query.value(1).toString());
    this -> celula -> setModelo(query.value(2).toString());
    this -> celula -> setLocalizacao(query.value(3).toString());
    this -> celula -> setObs(query.value(4).toString());

    ok = query.exec("SELECT * FROM Dados_Tecnicos WHERE Equipamento = " + nome + "");
    if(!ok){
        QMessageBox::critical(0,"Erro", query.lastError().text().toLatin1(),
            QMessageBox::Ok);
        return;
    }

    query.next();
    this -> celula -> setCineticoFlotacao(query.value(2).toDouble());
    this -> celula -> setRecMetalurgica(query.value(3).toDouble());
    this -> celula -> setRecMaximaTeorico(query.value(4).toDouble());
    this -> celula -> setCelulasFlotacaoSerie(query.value(5).toDouble());
    this -> celula -> setVazaoMassicaSolido(query.value(6).toDouble());
    this -> celula -> setDensidadeSolido(query.value(7).toDouble());
    this -> celula -> setDensidadeFluido(query.value(8).toDouble());
    this -> celula -> setConcVolumetricaGas(query.value(9).toDouble());
    this -> celula -> setFracaoNivelEspuma(query.value(10).toDouble());
    this -> celula -> setFracaoAcessorios(query.value(11).toDouble());
    this -> celula -> setConcMassica(query.value(12).toDouble());

    ok = query.exec("SELECT * FROM Dados_Economicos WHERE Equipamento = " + nome + "");
    if(!ok){
        QMessageBox::critical(0,"Erro", query.lastError().text().toLatin1(),
            QMessageBox::Ok);
        return;
    }

    query.next();
    this -> celula -> setAtratividade(query.value(2).toDouble());
    this -> celula -> setTaxaCresc(query.value(3).toDouble());
    this -> celula -> setVidaMina(query.value(5).toInt());
    this -> celula -> setCustoEnergia(query.value(6).toDouble());
    this -> celula -> setDiasTrabAno(query.value(7).toInt());
    this -> celula -> setCotacaoDolar(query.value(8).toDouble());

    QString res = query.value(9).toString();
    bool residual = (res.compare("TRUE") == 0) ? true : false;
    this -> celula -> setResidual(residual, query.value(4).toDouble());

    this -> celula -> calculaVidaUtil();

    this -> ui.tipoEquipLabel2 -> setText("Célula de Flotação");
    this -> ui.descEquipLabel -> setText(" ");
}

```

```

this -> ui.descEquipLabel2 -> setText(" ");

this -> ui.equipamentoLabel2 -> setText(this -> celula -> getNome());
this -> ui.marcaLabel2 -> setText(this -> celula -> getMarca());
this -> ui.modeloLabel2 -> setText(this -> celula -> getModelo());
this -> ui.localizacaoLabel2 -> setText(this -> celula -> getLocalizacao());
this -> ui.plainTextEdit -> setPlainText(this -> celula -> getObs());

this -> ui.atratividadeLabel2 -> setText(QString::number(this -> celula -> getAtratividade(), 'g', 6));
this -> ui.taxaLabel2 -> setText(QString::number(this -> celula -> getTaxaCresc(), 'g', 6) + "%");
this -> ui.diasAnoLabel -> setText("Número de Dias Trabalhados por Ano:");
this -> ui.diasAnoLabel2 -> setText(QString::number(this -> celula -> getDiasTrabAno()));

QString aux = (this -> celula -> getResidual()) ? "Taxa Anual de Depreciação: " : "Valor de Sucata:
";
this -> ui.residualLabel -> setText(aux);
QString r = QString::number(this -> celula -> getValorResidual(), 'g', 6);
QString r2 = (this -> celula -> getResidual()) ? ( r + " %" ) : ("R$" + r);
r = r2;
this -> ui.residualLabel2 -> setText(r);

this -> ui.cEnergiaLabel -> setText("Custo da Energia: ");
this -> ui.cEnergiaLabel2 -> setText(QString::number(this -> celula -> getCustoEnergia(), 'g', 6));
this -> ui.cotacaoLabel2 -> setText("R$" + QString::number(this -> celula -> getCotacaoDolar(), 'g',
6));
this -> ui.vidaMinaLabel2 -> setText(QString::number(this -> celula -> getVidaMina()));

this -> ui.listWidget -> addItem("Periodo\tCAEC\tCAEM\tCAUE");
int i = 1;
for(; i < this -> celula -> CAEC.size(); i++){

    this -> ui.listWidget -> addItem(QString::number(i) + "\t" + QString::number(this -> celula ->
CAEC.at(i), 'g', 6) + "\t" + QString::number(celula -> CAEM.at(i), 'g', 6) + "\t" + QString::number(celula
-> CAUE.at(i), 'g', 6) );
}

this -> ui.vidaEquipLabel2 -> setText(QString::number(i - 2) + " anos");

QString viab = (this -> celula -> getViabilidade()) ? "Troca Viável" : "Troca Inviável" ;
this -> ui.viabilidadeLabel -> setText(viab);

this -> exibirEquip -> ui.lineEdit -> clear();
this -> ui.actionGerar_Relat_rio -> setEnabled(true);
this -> exibirEquip -> ui.lineEdit -> setText(nome);

}
else if(tipo.compare("FILTRO") == 0){
    this -> filtro = new Filtro();

    this -> filtro -> setNome(query.value(0).toString());
    this -> filtro -> setMarca(query.value(1).toString());
    this -> filtro -> setModelo(query.value(2).toString());
    this -> filtro -> setLocalizacao(query.value(3).toString());
    this -> filtro -> setObs(query.value(4).toString());

    ok = query.exec("SELECT * FROM Filtro WHERE Equipamento_Nome = " + nome + "");
    if(!ok){

```

```

    QMessageBox::critical(0,"Erro", query.lastError().text().toLatin1(),
        QMessageBox::Ok);
    return;
}

query.next();
QString tipoFiltro = query.value(1).toString();
this -> filtro -> setTipo(tipoFiltro.compare("DISCO") == 0);
this -> filtro -> setArea(query.value(2).toDouble());

ok = query.exec("SELECT * FROM Dados WHERE Equipamento = " + nome + "");
if(!ok){
    QMessageBox::critical(0,"Erro", query.lastError().text().toLatin1(),
        QMessageBox::Ok);
    return;
}
query.next();
this -> filtro -> setAtratividade(query.value(1).toDouble());
this -> filtro -> setTaxaCresc(query.value(2).toDouble());
this -> filtro -> setVidaMina(query.value(3).toInt());
this -> filtro -> setCustoAno(query.value(4).toDouble());
this -> filtro -> setCotacaoDolar(query.value(5).toDouble());
double vResidual = query.value(6).toDouble();
QString res = query.value(7).toString();
bool residual = (res.compare("TRUE") == 0) ? true : false;
this -> filtro -> setResidual(residual, vResidual);

this -> filtro -> calculaVidaUtil();

QString tipoF = (tipoFiltro.compare("DISCO") == 0) ? "Disco" : "Tambor";
this -> ui.tipoEquipLabel2 -> setText("Filtro de " + tipoF);
this -> ui.descEquipLabel -> setText("Área do Filtro.");
this -> ui.descEquipLabel2 -> setText(QString::number(this -> filtro -> getArea(), 'g', 6) + "m²");

this -> ui.equipamentoLabel2 -> setText(this -> filtro -> getNome());
this -> ui.marcaLabel2 -> setText(this -> filtro -> getMarca());
this -> ui.modeloLabel2 -> setText(this -> filtro -> getModelo());
this -> ui.localizacaoLabel2 -> setText(this -> filtro -> getLocalizacao());
this -> ui.plainTextEdit -> setPlainText(this -> filtro -> getObs());

this -> ui.atratividadeLabel2 -> setText(QString::number(this -> filtro -> getAtratividade(), 'g', 6));
this -> ui.taxaLabel2 -> setText(QString::number(this -> filtro -> getTaxaCresc(), 'g', 6) + "%");
this -> ui.diasAnoLabel -> setText("Custo de Manutenção no 1º Ano.");
this -> ui.diasAnoLabel2 -> setText("R$" + QString::number(this -> filtro -> getCustoAno()));

QString aux = (this -> filtro -> getResidual()) ? "Taxa Anual de Depreciação: " : "Valor de Sucata: ";
this -> ui.residualLabel -> setText(aux);
QString r = QString::number(this -> filtro -> getValorResidual(), 'g', 6);
QString r2 = (this -> filtro -> getResidual()) ? ( r + "%" ) : ("R$" + r);
r = r2;
this -> ui.residualLabel2 -> setText(r);

this -> ui.cEnergiaLabel -> setText("");
this -> ui.cEnergiaLabel2 -> setText("");
this -> ui.cotacaoLabel2 -> setText("R$" + QString::number(this -> filtro -> getCotacaoDolar(), 'g',
6));
this -> ui.vidaMinaLabel2 -> setText(QString::number(this -> filtro -> getVidaMina()));

this -> ui.listWidget -> addItem("Periodo\tCAEC\tCAEM\tCAUE");
int i = 1;

```



```

for(; i < this -> filtro -> CAEC.size(); i++){

    this -> ui.listWidget -> addItem(QString::number(i) + "\t" + QString::number(this -> filtro ->
CAEC.at(i), 'g', 6) + "\t" + QString::number(filtro -> CAEM.at(i), 'g', 6) + "\t" + QString::number(filtro -
> CAUE.at(i), 'g', 6) );
}

this -> ui.vidaEquipLabel2 -> setText(QString::number(i - 2) + " anos");

QString viab = (this -> filtro -> getViabilidade()) ? "Troca Viável" : "Troca Inviável" ;
this -> ui.viabilidadeLabel -> setText(viab);

this -> exibirEquip -> ui.lineEdit -> clear();
this -> ui.actionGerar_Relat_rio -> setEnabled(true);
this -> exibirEquip -> ui.lineEdit -> setText(nome);

}
else if(tipo.compare("ESPESSADOR") == 0){
    this -> espessador = new Espessador();

    this -> espessador -> setNome(query.value(0).toString());
    this -> espessador -> setMarca(query.value(1).toString());
    this -> espessador -> setModelo(query.value(2).toString());
    this -> espessador -> setLocalizacao(query.value(3).toString());
    this -> espessador -> setObs(query.value(4).toString());

    ok = query.exec("SELECT * FROM Espessador WHERE Equipamento_Nome = " + nome + "");
    if(!ok){
        QMessageBox::critical(0,"Erro", query.lastError().text().toLatin1(),
        QMessageBox::Ok);
        return;
    }

    query.next();
    QString tipoEspessador = query.value(1).toString();
    this -> espessador -> setTipo(tipoEspessador.compare("CONCENTRADO") == 0);
    this -> espessador -> setDiametro(query.value(2).toDouble());

    ok = query.exec("SELECT * FROM Dados WHERE Equipamento = " + nome + "");
    if(!ok){
        QMessageBox::critical(0,"Erro", query.lastError().text().toLatin1(),
        QMessageBox::Ok);
        return;
    }
    query.next();
    this -> espessador -> setAtratividade(query.value(1).toDouble());
    this -> espessador -> setTaxaCresc(query.value(2).toDouble());
    this -> espessador -> setVidaMina(query.value(3).toInt());
    this -> espessador -> setCustoAno(query.value(4).toDouble());
    this -> espessador -> setCotacaoDolar(query.value(5).toDouble());
    double vResidual = query.value(6).toDouble();
    QString res = query.value(7).toString();
    bool residual = (res.compare("TRUE") == 0) ? true : false;
    this -> espessador -> setResidual(residual, vResidual);
    this -> espessador -> calculaVidaUtil();

    QString tipoE = (tipoEspessador.compare("CONCENTRADO") == 0) ? "Concentrado" : "Lama";
    this -> ui.tipoEquipLabel2 -> setText("Espessador de " + tipoE);
}

```

```

this -> ui.descEquipLabel -> setText("Diâmetro do Espesador:");
this -> ui.descEquipLabel2 -> setText(QString::number(this -> espesador -> getDiametro(), 'g', 6) +
"m");

this -> ui.equipamentoLabel2 -> setText(this -> espesador -> getNome());
this -> ui.marcaLabel2 -> setText(this -> espesador -> getMarca());
this -> ui.modeloLabel2 -> setText(this -> espesador -> getModelo());
this -> ui.localizacaoLabel2 -> setText(this -> espesador -> getLocalizacao());
this -> ui.plainTextEdit -> setPlainText(this -> espesador -> getObs());

this -> ui.atratividadeLabel2 -> setText(QString::number(this -> espesador -> getAtratividade(), 'g',
6));
this -> ui.taxaLabel2 -> setText(QString::number(this -> espesador -> getTaxaCresc(), 'g', 6) +
"%");
this -> ui.diasAnoLabel -> setText("Custo de Manutenção no 1º Ano:");
this -> ui.diasAnoLabel2 -> setText("R$" + QString::number(this -> espesador -> getCustoAno()));

QString aux = (this -> espesador -> getResidual()) ? "Taxa Anual de Depreciação: " : "Valor de
Sucata: ";
this -> ui.residualLabel -> setText(aux);
QString r = QString::number(this -> espesador -> getValorResidual(), 'g', 6);
QString r2 = (this -> espesador -> getResidual()) ? ( r + " %") : ("R$" + r);
r = r2;
this -> ui.residualLabel2 -> setText(r);

this -> ui.cEnergiaLabel -> setText("");
this -> ui.cEnergiaLabel2 -> setText("");
this -> ui.cotacaoLabel2 -> setText("R$" + QString::number(this -> espesador ->
getCotacaoDolar(), 'g', 6));
this -> ui.vidaMinaLabel2 -> setText(QString::number(this -> espesador -> getVidaMina()));

this -> ui.listWidget -> addItem("Periodo\tCAEC\tCAEM\tCAUE");
int i = 1;
for(; i < this -> espesador -> CAEC.size(); i++){

    this -> ui.listWidget -> addItem(QString::number(i) + "\t" + QString::number(this -> espesador -
> CAEC.at(i), 'g', 6) + "\t" + QString::number(espesador -> CAEM.at(i), 'g', 6) + "\t" +
QString::number(espesador -> CAUE.at(i), 'g', 6) );
}

this -> ui.vidaEquipLabel2 -> setText(QString::number(i - 2) + " anos");

QString viab = (this -> espesador -> getViabilidade()) ? "Troca Viável" : "Troca Inviável" ;
this -> ui.viabilidadeLabel -> setText(viab);

this -> exibirEquip -> ui.lineEdit -> clear();
this -> ui.actionGerar_Relat_rio -> setEnabled(true);
this -> exibirEquip -> ui.lineEdit -> setText(nome);

} else {
    QMessageBox::critical(0, "Erro", tipo,
        QMessageBox::Ok);
}
}

//-----
void Principal::itemClicado() {

    //Atualiza a tela principal quando um item é selecionado na tela de pesquisa.

```

```

QString item = this -> bEquipamento -> ui.nomesListWidget -> currentItem() -> text();
QStringList itens = item.split(" \t");
item = itens.at(0);
this -> exibirEquip -> ui.lineEdit -> setText(item);
this -> bEquipamento -> close();
this -> atualizaTela();
}

//-----
void Principal::limpaTela(){

    if(this -> excluirEquip -> ui.lineEdit -> text().compare("") == 0){
        QMessageBox::critical(0,"Erro", "O campo de nome deve ser preenchido.\nCaso esteja em dúvida
        utilize a pesquisa.",
            QMessageBox::Ok);
        return;
    }

    QSqlQuery query;
    bool ok = query.exec("DELETE FROM 'Equipamento' WHERE Nome = '" + this -> excluirEquip ->
    ui.lineEdit -> text() + "'");
    ok = ok && (query.exec("DELETE FROM 'Dados_Tecnicos' WHERE Equipamento = '" + this ->
    excluirEquip -> ui.lineEdit -> text() + "'"));
    ok = ok && (query.exec("DELETE FROM 'Dados_Economicos' WHERE Equipamento = '" + this ->
    excluirEquip -> ui.lineEdit -> text() + "'"));
    ok = ok && (query.exec("DELETE FROM 'CelulaFlotacao' WHERE Equipamento_Nome = '" + this -
    > excluirEquip -> ui.lineEdit -> text() + "'"));
    ok = ok && (query.exec("DELETE FROM 'Filtro' WHERE Equipamento_Nome = '" + this ->
    excluirEquip -> ui.lineEdit -> text() + "'"));
    ok = ok && (query.exec("DELETE FROM 'Espessador' WHERE Equipamento_Nome = '" + this ->
    excluirEquip -> ui.lineEdit -> text() + "'"));
    ok = ok && (query.exec("DELETE FROM 'Dados' WHERE Equipamento = '" + this -> excluirEquip -
    > ui.lineEdit -> text() + "'"));

    if(!ok){
        QMessageBox::critical(this, qApp->tr("Problemas no script de exclusão das tabelas!"),
            qApp->tr(query.lastError().text().toLatin1()),
            QMessageBox::Cancel,
            QMessageBox::NoButton);
        return;
    }
    else{
        QMessageBox::information(this, qApp->tr("Exclusão"),
            qApp->tr("Equipamento Excluído com sucesso !"),
            QMessageBox::Ok);
    }

    this -> excluirEquip -> ui.lineEdit -> clear();
    this -> excluirEquip -> close();

    this -> ui.equipamentoLabel2 -> clear();
    this -> ui.marcaLabel2 -> clear();
    this -> ui.modeloLabel2 -> clear();
    this -> ui.localizacaoLabel2 -> clear();
    this -> ui.plainTextEdit -> clear();

    this -> ui.residualLabel -> setText("Valor Residual");
    this -> ui.residualLabel2 -> clear();

```

```

this -> ui.atratividadeLabel2 -> clear();
this -> ui.taxaLabel2 -> clear();
this -> ui.diasAnoLabel2 -> clear();
this -> ui.vidaEquipLabel2 -> clear();
this -> ui.vidaMinaLabel2 -> clear();

this -> ui.listWidget -> clear();
this -> ui.cEnergiaLabel2 -> clear();
this -> ui.cotacaoLabel2 -> clear();

this -> ui.actionGerar_Relat_rio -> setEnabled(false);

this -> excluirEquip -> ui.lineEdit -> clear();

}

//-----
void Principal::escolha(){

    if(this -> escolhaDialog -> ui.celulaRButton -> isChecked()){

        this -> cIdDialog -> show();
    }
    else if(this -> escolhaDialog -> ui.filtroRButton -> isChecked()){

        this -> fEDialog -> show();
    }
    else if(this -> escolhaDialog -> ui.espesadorRButton -> isChecked()){

        this -> eEDialog -> show();
    }
}
}

```

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)