

## **2. Fundamentos Teóricos**

Neste capítulo descrevem-se os fundamentos teóricos que foram parte da pesquisa do presente trabalho e ajudam em grande parte ao desenvolvimento da metodologia que se propõe no terceiro capítulo.

### **2.1. Conceitos fundamentais**

No desenvolvimento da metodologia se tomaram em consideração alguns conceitos fundamentais, tais como:

#### **2.1.1 Potência**

Segundo o Manual de Tarifação. Procel, Eletrobrás, 2001, podemos dizer que é a capacidade de consumo de um aparelho elétrico. A potência vem escrita nos manuais dos aparelhos, sendo expressa em watts (W) ou quilowatts (kW), que corresponde a 1000 watts. Um condicionador de ar Springer Carrier, modelo XCJ108D, de 10500 BTU, por exemplo, tem uma potência de 1100 W (ou 1,1 kW).

#### **2.1.2 Energia Elétrica**

Segundo o Manual de Tarifação. Procel, Eletrobrás 2001, é a quantidade de eletricidade utilizada por um aparelho elétrico ao ficar ligado por certo tempo. Tem como unidades mais usuais o quilowatt hora (kWh) e o megawatt-hora (MWh). O condicionador de ar citado acima, se ficar ligado por duas horas, gastará 2,2 kWh.

Na fatura de energia elétrica dos pequenos consumidores, como por exemplo as residências, cobra-se apenas a energia utilizada (consumo). Médios e grandes consumidores pagam tanto pela energia quanto pela potência. A

potência aparece nas contas desses consumidores com o nome de Demanda, que, na verdade, corresponde à potência média verificada em intervalos de 15 minutos.

### 2.1.3 Horário de Ponta

É o período de três horas consecutivas exceto sábados, domingos e feriados nacionais, definido pela concessionária em função das características de seu sistema elétrico. Em algumas modalidades tarifárias, nesse horário a demanda e o consumo de energia elétrica têm preços mais elevados (Manual de Tarifação. Procel, Eletrobrás, 2001). O horário fora de ponta corresponde às demais 21 horas do dia.

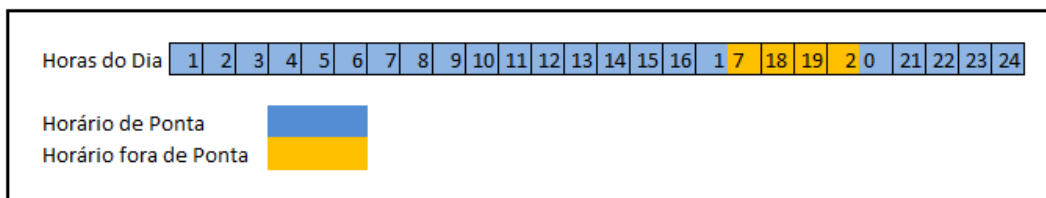


Figura 4. - Horário de ponta e horário fora de ponta.

### 2.1.4 Períodos seco e úmido

Para efeito de tarificação, o ano é dividido em dois períodos; um período seco que compreende os meses de maio a novembro (7 meses) e um período úmido, que compreende os meses de dezembro a abril (5 meses). Em algumas modalidades tarifárias, no período seco o consumo tem preços mais elevados. (Manual de Tarifação. Procel, Eletrobrás, 2001).

### 2.1.5 Sistema Híbrido

Considera-se um sistema híbrido aquele que utiliza conjuntamente mais de uma fonte de energia, dependendo da disponibilidade dos recursos energéticos locais, para geração de energia elétrica. A opção pelo hibridismo é feita de modo que uma fonte complemente a eventual falta da outra (Ashrae, 2001).

Para o caso do nosso trabalho de dissertação considera-se o fornecimento de energia elétrica da concessionária local e o uso de geradores diesel no horário de ponta para completar o conjunto do sistema.

Dessa forma para uma determinada demanda, os geradores trabalham em carga plena fornecendo toda a energia requerida; quando a demanda for maior, os geradores trabalham em carga plena, e a diferença será suprida pela concessionária local.

A PUC – Rio conta com um grupo de 4 Geradores Diesel, marca FG Wilson S500E1, como se mostra na Figura 6, para a operação no horário de ponta (17:30 – 20:30). A potência nominal de saída dos geradores é de 400 kW.

Segundo o fabricante FG Wilson, os valores da potência são aplicáveis para fornecimento contínuo de energia, à carga variável, em caso de falha da concessionária – ou fonte principal. Não são permitidas sobrecargas. Nesta forma de aplicação considera-se como potência disponível, a potência nominal do alternador (como definido ISO8528-3)



Figura 5. - Gerador de 400 kW FG Wilson S500E1 Instalado na PUC - Rio

A Figura 5 mostra um gerador diesel instalado na PUC – Rio. Segundo o fabricante FG Wilson, a referência padrão estipula 27°C (80°F) para a Temperatura de Entrada do Ar, 152.4m (500ft) A.S.L. 60% de umidade relativa. Todos os dados de desempenho do motor são baseados nas potências contínuas máximas referidas nos dados técnicos. Dados de consumo de combustível em carga plena com combustível de motores Diesel com gravidade específica de 0,85 e em conformidade com BS2869: 1998.



Figura 6. - Grupo de 4 Geradores de 400 kW FG Wilson S500E1 Instalados na PUC – Rio

### 2.1.6 Curva de Capacidade de Carga

A curva de capacidade de carga é uma curva adimensional que relaciona a energia elétrica produzida pelo sistema (gerador) para atender a demanda, com sua potência adimensionalizada pela máxima demanda; isto quer dizer, por exemplo, na Figura 7, se tem o sistema com um dimensionamento de 70% da máxima demanda do mês de julho de 2008 na PUC – Rio, ele poderá fornecer aproximadamente o 95% da energia requerida pela mesma (Orlando, 1996).

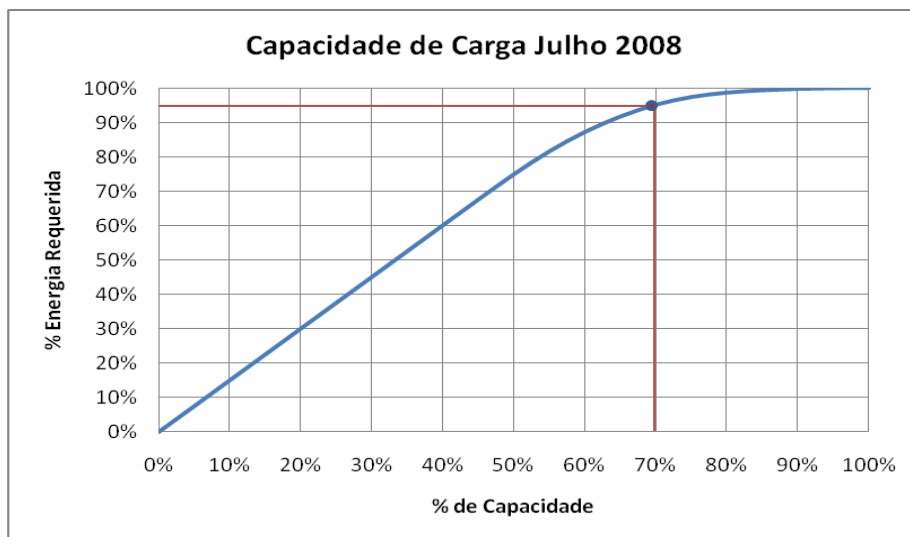


Figura 7. - Curva de Capacidade de Carga para um determinado mês do ano na PUC – Rio.

## 2.2. Perfil Elétrico

Existem diversas formas de compra, geração e utilização da energia elétrica. Para o nosso caso, que queremos desenvolver uma metodologia usando um sistema híbrido, precisamos fazer uma análise do perfil elétrico da instituição, e dizer, como varia o consumo de energia elétrica ao longo do tempo.

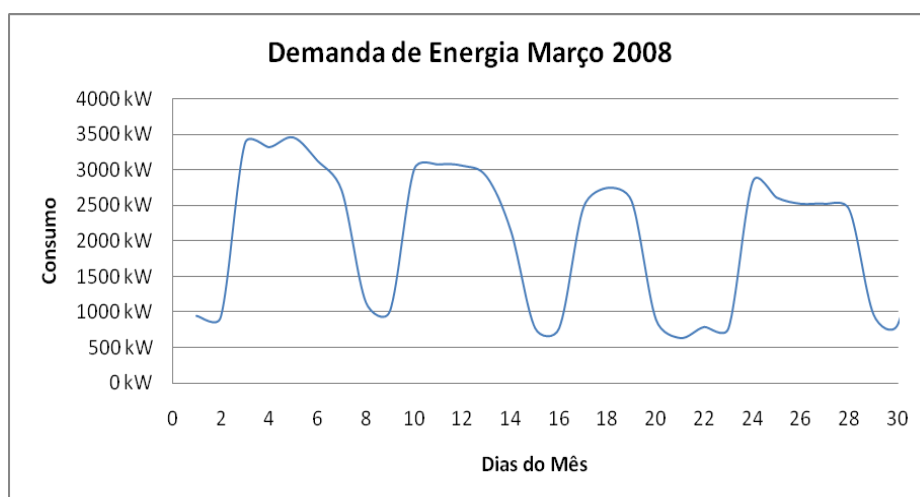


Figura 8- Perfil Elétrico para um determinado mês do ano na PUC – Rio.

O perfil elétrico é uma avaliação da dinâmica da carga elétrica do usuário, quer dizer, é um gráfico mostrando a quantidade de eletricidade de um determinado usuário durante um período de tempo (Ashrae, 2001).

A Figura 8 mostra o perfil elétrico no horário de ponta da PUC – Rio para um determinado mês do ano; pode-se ver como ele varia de acordo com o tempo.

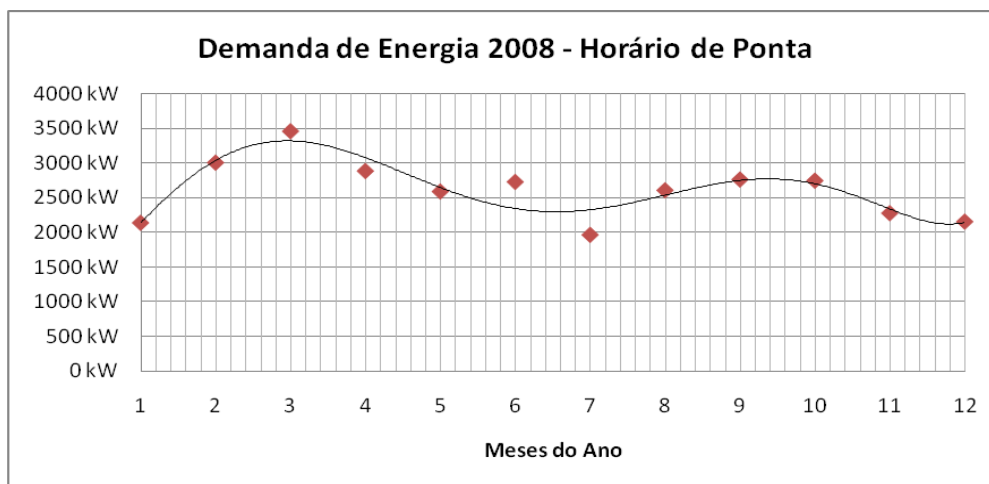


Figura 9. - Perfil Elétrico para um ano na PUC – Rio.

Se o perfil elétrico estiver disponível para todos os dias do ano é possível calcular o custo da eletricidade adquirida da concessionária local (Do Val e Orlando, 2002). Não obstante, estes dados têm que ser solicitados à concessionária local; muitas vezes eles demoram em ser fornecidos e têm um alto custo. A Figura 9 mostra a variação do perfil elétrico da PUC – Rio durante todo o ano 2008; esta curva foi feita com os dados fornecidos pela concessionária a cada 15 minutos ao longo de um ano; é simples ver que nos meses de março (3), abril (4), setembro (9) e outubro (10) atingem-se os consumos máximos de energia elétrica.

Para os dados fornecidos pela concessionária e após avaliar o perfil de consumo elétrico de qualquer instituição, pode-se determinar qual é a média do consumo de energia elétrica mês a mês e avaliar uma alternativa de diminuição, otimização ou geração de energia elétrica (Do Val e Orlando, 2002). A Figura 10 mostra a média da demanda de energia elétrica mês a mês da PUC – Rio no ano 2008 no horário de ponta.

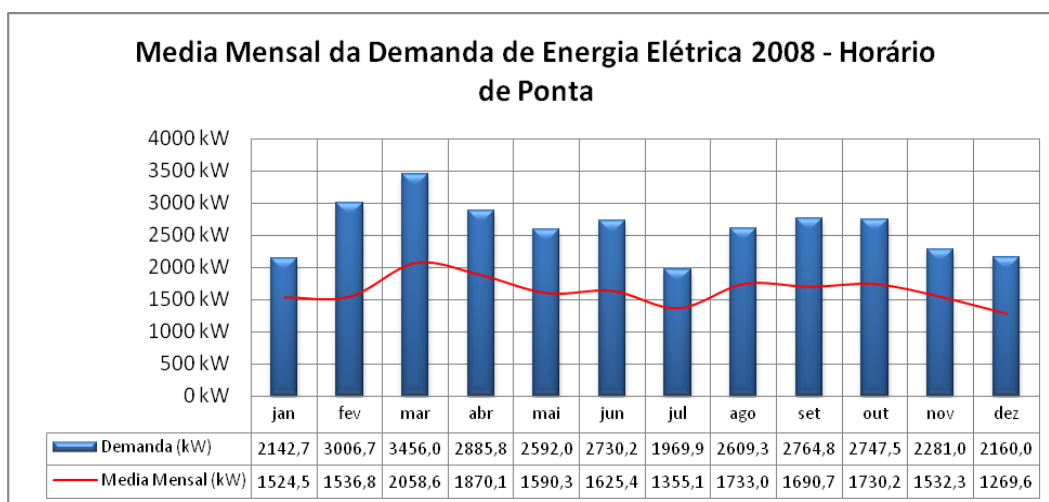


Figura 10. - Média da Demanda de Energia Elétrica para um ano na PUC – Rio.

### 2.3.

#### Análise da composição das Tarifas de Energia Elétrica

Para a análise das tarifas de Energia elétrica fez-se uma revisão das últimas Resoluções emitidas pela ANEEL nos anos 2008 e 2009. Tomando em consideração que a validação da metodologia desenvolvida será com o consumo de energia elétrica da PUC – Rio, então, fez-se uso dos valores da última revisão tarifária periódica da ANEEL para a Concessionária *Light* de acordo com a Resolução Homologatória nº 734 de 4 de novembro de 2008, com validade de um ano. (Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL). A Tabela 4 mostra as tarifas para o horário de ponta da classe A4 (2,3 a 25 kV), para a PUC – Rio.

Tabela 4. - Tarifa Horo-Sazonal Verde (Anexo I-B, Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL)

TARIFA HORO-SAZONAL VERDE	(7,9%) QUADRO F											
	TUSD + TE				TUSD				TE			
	ENERGIA (R\$/MWh)				ENERGIA (R\$/MWh)				ENERGIA (R\$/MWh)			
	PONTA		F. PONTA		PONTA		F. PONTA		PONTA		F. PONTA	
SUBGRUPO	SECA	UMIDA	SECA	UMIDA	SECA	UMIDA	SECA	UMIDA	SECA	UMIDA	SECA	UMIDA
A3a (30 a 44 kV)	1227,42	1205,01	151,53	138,54	1017,25	1017,25	29,59	29,59	210,17	187,76	121,94	108,95
A4 (2,3 a 25 kV)	1281,53	1259,12	151,53	138,54	1071,37	1071,37	29,59	29,59	210,16	187,75	121,94	108,95
AS (Subterrâneo)	1348,93	1325,64	157,55	143,97	1071,37	1071,37	29,59	29,59	277,56	254,27	127,96	114,38

Assim fez-se uso dos valores e dados fornecidos para a classificação tarifária que corresponde à PUC – Rio e também a modalidade tarifária a que ela está sujeita. A *Light* é uma concessionária de serviço público de energia elétrica

sendo que a prestação do serviço público é fiscalizada e regulamentada pela ANEEL. (Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL).

### **2.3.1 Tributos**

Tributos são pagamentos compulsórios devidos ao poder público, a partir de determinação legal, e que asseguram recursos para que o Governo desenvolva suas atividades. No Brasil, os tributos estão embutidos nos preços dos bens e serviços. Isso significa que nas contas de luz, por exemplo, os consumidores pagam tributos que são posteriormente repassados aos cofres públicos pelas empresas que os arrecadam (ANEEL, 2009).

### **2.3.2 Composição da Tarifa de Energia Elétrica**

Os tributos aplicáveis ao setor elétrico são: Federais, Estaduais e Municipais.

#### **2.3.2.1 Tributos Federais**

Programa de Integração Social (PIS) e Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social (COFINS): são tributos cobrados pela União para manter programas sociais do Governo Federal. A aplicação desses tributos foi recentemente alterada elevando o valor das contas de energia elétrica. Até a edição das leis Número. 10.637/2002, 10.833/2003 e 10.865/2004, o PIS e a COFINS eram cumulativos, com alíquotas de 0,65% e 3% sobre o faturamento bruto, respectivamente. Com a edição das citadas leis, o PIS e a COFINS tiveram suas alíquotas alteradas para 1,65% e 7,6%, respectivamente, apuradas de forma não cumulativa. Isso equivale a dizer que as distribuidoras passam a deduzir o PIS e a COFINS pagos sobre custos ou despesas, como por exemplo, a energia adquirida para revenda ao consumidor. Assim, a alíquota média do PIS e da COFINS varia de acordo com o volume de créditos apurados mensalmente por cada concessionária. A Tabela 5 mostra o método de cálculo do PIS e da COFINS; é chamado cálculo feito "por dentro", o que significa dizer que os próprios impostos integram a sua base de cálculo. (ANEEL, 2009).



Tabela 5. – Exemplo de cálculo dos Tributos Federais (Light Serviços de Eletricidade S.A., 2009).

<b>Sistema anterior (cumulativo):</b>		<b>Sistema atual (não cumulativo):</b>	
Alíquotas		Alíquotas	
PIS - 0,65%		PIS - 1,65%	
COFINS - 3,00%		COFINS - 7,60%	
<b>Exemplo - cumulativo</b>		<b>Exemplo - não cumulativo</b>	
Faturamento Bruto	R\$ 10.000,00	Faturamento Bruto	R\$ 10.000,00
PIS	R\$ 65	PIS	R\$ 165
COFINS	R\$ 300	COFINS	R\$ 760
		1- PIS/COFINS a débito	R\$ 925
PIS/COFINS a pagar	R\$ 365		
		Custos e/ou Despesas	R\$ 4.000,00
		2 - PIS/COFINS a crédito (incidente sobre os custos e despesas)	R\$ 370
		PIS/COFINS a pagar (1-2)	R\$ 555
<b>Alíquota "efetiva ou média"</b>	<b>3,65%</b>	<b>Alíquota "efetiva ou média"</b>	<b>5,55%</b>

### 2.3.2.2 Tributos Estaduais

Imposto sobre a Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS): previsto no artigo 155 da Constituição Federal, este imposto incide sobre as operações relativas à circulação de mercadorias e serviços e é de competência dos governos estaduais e do Distrito Federal (ANEEL, 2009).

O ICMS é regulamentado pelo código tributário de cada estado, ou seja, estabelecido em lei pelas casas legislativas estaduais. Por isso, as alíquotas variam em cada estado (ANEEL, 2009).

A distribuidora tem a obrigação tributária de realizar a cobrança do ICMS direto na fatura e repassá-lo integralmente ao Governo Estadual. A Tabela 6 mostra as alíquotas de ICMS de Fornecimento de Energia Elétrica para o Estado do Rio de Janeiro (ANEEL, 2009).

Tabela 6. – Alíquotas de ICMS de Fornecimento de Energia Elétrica para o Estado do Rio de Janeiro (Light Serviços de Eletricidade S.A., 2009).

Classes de consumo	Faixa de consumo kWh/mês	Alíquota
Residencial	0 a 50	isento
	51 a 300	18%
	> 300	30%
Poder Público Estadual	-	isento
Demais Classes	0 a 300	19%
	> 300	30%

O ICMS é um imposto que integra a sua própria base de cálculo, a fórmula de cálculo de ICMS é:

$$ICMS = \frac{I * A}{1 - A} \quad (2.1)$$

Com a Equação (2.1) acima nos podemos calcular o ICMS tomando em consideração que o (I) é o valor da conta de energia em reais, e o (A) é a alíquota relativa ao ICMS em %; a Tabela 7 mostra um exemplo de esse cálculo.

Tabela 7. – Alíquotas de ICMS de Fornecimento de Energia Elétrica para o Estado do Rio de Janeiro (Light Serviços de Eletricidade S.A., 2009).

Incidência da Alíquota de 30%	
<b>Valor da Conta sem imposto = R\$ 1.000,00</b>	
<b>Alíquota do ICMS = 30%</b>	
ICMS	= $\frac{1.000 \times 0,30}{1 - 0,30} \therefore \frac{300,00}{0,70} \therefore \text{R\$ } 428,57$
<b>Valor total da Conta com imposto =</b>	
<b>R\$ 1.000,00 + R\$ 428,57 = R\$ 1.428,57</b>	

A Tabela 7 mostra como calcular o valor de 30% correspondente ao ICMS do valor total de consumo elétrico em reais de uma conta de luz.

### 2.3.2.3 Tributos Municipais

CIP - Contribuição para Custeio do Serviço de Iluminação Pública: está prevista no artigo 149-A da Constituição Federal, que estabelece, entre as competências dos Municípios, dispor, conforme lei específica aprovada pela Câmara Municipal, a forma de cobrança e a base de cálculo da CIP. Assim, é atribuída ao Poder Público Municipal toda e qualquer responsabilidade pelos serviços de projeto, implantação, expansão, operação e manutenção das instalações de iluminação pública. Neste caso, a concessionária exerce o papel de mero arrecadador da taxa de iluminação pública, que repassa ao município o valor arrecadado (ANEEL, 2009).

## 2.4. Função de Distribuição e Densidade de Probabilidade

Matematicamente a função densidade de probabilidade é uma função utilizada para representar a distribuição de probabilidade caso a variável aleatória seja contínua (Gmurman, 1990).

$$\int_a^b f(x)dx \quad (2,2)$$

Para esses efeitos se utiliza a integral segundo a equação (2.2); mas para um melhor entendimento desta função vamos definir primeiro a função Distribuição de Probabilidade.

### 2.4.1 Função Distribuição de Probabilidade

Denomina-se função de distribuição de uma variável aleatória  $X$  a função  $F(x)$  que a cada  $x$  faz corresponder à probabilidade de que  $X$  assuma um valor estritamente inferior a este  $x$  (Gmurman, 1990). A equação (2,3) mostra em símbolos o que esta definição descreve.

$$F(x) = P(X < x) \quad (2,3)$$

A função de distribuição de probabilidade leva em consideração dois parâmetros ou propriedades; o primeiro deles é o que se mostra na equação (2,4); observamos que os valores da função pertencem ao seguinte intervalo  $[0;1]$ . A segunda propriedade, como se mostra na equação (2,5), é que a função de distribuição de probabilidade é necessariamente crescente (Gmurman, 1990).

$$0 \leq F(x) \leq 1 \quad (2,4)$$

$$\text{Se, } x_2 > x_1 \text{ então, } F(x_2) \geq F(x_1) \quad (2,5)$$

### 2.4.2 Função Densidade de Probabilidade

Denomina-se densidade de probabilidade de uma variável aleatória contínua a primeira derivada da sua função de distribuição. Em símbolos,  $f(x) = F'(x)$  onde  $F(x)$  é uma função de distribuição e  $f(x)$ , a densidade de probabilidade (Gmurman, 1990).

Como se mostra na equação (2,6), a probabilidade de uma variável aleatória contínua  $X$  assumir um valor num intervalo  $(a, b)$  se exprime através da densidade de probabilidade pela condição abaixo (Gmurman, 1990).

$$P(a < X < b) = \int_a^b f(x) dx \quad (2,6)$$

Daqui resulta que, conhecida a densidade de probabilidade  $f(x)$ , a função de distribuição se encontra mediante a equação (2,7).

$$F(x) = \int_{-\infty}^x f(x) dx \quad (2,7)$$

A equação (2,7) da densidade de probabilidade tem que se integrar tomando em consideração que para uma densidade de probabilidade se assume sempre que é uma função positiva, isto é  $f(x) \geq 0$  (Gmurman, 1990).

Se existir uma integral imprópria, uma dada densidade de probabilidade tomada entre  $-\infty$  e  $\infty$  é igual à unidade (Gmurman, 1990). A equação (2,8) mostra simbolicamente.

$$F(x) = \int_{-\infty}^{\infty} f(x)dx = 1 \quad (2,8)$$

## **2.5. Análise de investimentos**

A decisão sobre a viabilidade de um projeto de investimento, analisado em seu contexto próprio ou, pelo prisma da comparação com alternativas de projeto de investimento, requer operações financeiras envolvidas na elaboração e análise assim como avaliações tais como (i) conhecimento específico sobre o mercado objeto do investimento, (ii) adoção de metodologias e critérios técnicos bem definidos e, principalmente, entendidos pela equipe de análise, (iii) parâmetros de estratégia empresarial que possam auxiliar em estabelecer a ordem de preferência entre os projetos (Penedo, 2005).

Para a análise e avaliação econômica da presente dissertação se considerou adotar dois importantes critérios de avaliação econômica para a tomada de decisões: a Taxa Interna de Retorno e o *Payback*.

### **2.5.1 Taxa Interna de Retorno (TIR)**

A taxa interna de retorno (TIR) é, numa definição mais simples e objetiva, a taxa de juros (desconto) que anula o Valor Presente Líquido de um fluxo de caixa. Em síntese, a TIR deve corresponder à rentabilidade do capital investido em um empreendimento (Penedo, 2005).

Outra definição, também conhecida como Internal Rate of Return (IRR), a TIR corresponde ao cálculo daquela taxa de desconto que, aplicada a uma série de entradas e saídas de caixa, iguala o fluxo a zero. Em outras palavras, é aquela taxa que zera o Valor Presente Líquido (VPL) (Balarine, 2002).

$$VPL = \sum_{t=0}^n \frac{Rt}{(1+i)^t} - \sum_{t=0}^n \frac{|Ct|}{(1+i)^t} = 0 \quad (2,9)$$

Sendo:

Rt = Receitas líquidas em cada momento t do projeto;

Ct = Custos líquidos, em módulo, em cada momento t do projeto;

t = 0, 1, 2, ..., n;

i = TIR.

Como se mostra na equação (2,9) A determinação da TIR é trabalhoso, pois consiste na resolução de um polinômio de grau n. Atualmente esse cálculo foi bastante facilitado pelo advento de máquinas financeiras, bem como pela disponibilização da função TIR em microcomputadores, por meio de planilhas eletrônicas tipo MS-EXCEL. Os sistemas residentes nessas máquinas adotam o Método de Newton-Raphson para tais soluções (Faro, 1979).

### 2.5.2 Tempo de recuperação do capital (Payback)

O tempo de recuperação de capital (TRC) é definido como o período de tempo mínimo necessário para o investidor acumular um saldo líquido simples de caixa, igual ao investimento inicial (Penedo, 2005).

O tempo de recuperação do capital (TRC) ou *Payback Time* é um dos indicadores mais conhecidos, e teoricamente mais bem entendido dentre todos os critérios utilizados pelos analistas de projetos de investimento, provavelmente pela simplicidade de seu cálculo (Penedo, 2005).

A lógica conceitual do critério do *Payback* determina que o melhor projeto de investimento aquele que apresenta o menor tempo de retorno do capital investido. Mas para projetos de grande envergadura não é aconselhável utilizar o critério do *Payback* para medir o resultado de um investimento (Penedo, 2005).