# 3. JUSTIFICATIVA DO EMPREENDIMENTO

Dentre os incentivos introduzidos na legislação através das resoluções da ANEEL, podemos destacar:

- A dispensa de licitação para autorização da exploração de aproveitamentos hidrelétricos com características de PCH's;
- A possibilidade de conexão das usinas do sistema elétrico brasileiro, com isenção de pedágio pelo uso do sistema de transmissão e distribuição (ou redução mínima de 50%);
- Possibilidade de repasse integral do valor da energia à tarifa de distribuição em caso de comercialização da energia gerada através de concessionária de distribuição de energia.

Assim a implantação da PCH se justifica pelas seguintes razões:

- Os estudos realizados pela ELETROBRÁS indicam que o crescimento de consumo de energia tem aumentado em todas as regiões do país – e em especial na Região Sul, onde se localiza o aproveitamento em tela;
- Aproveitamento de um lago de pequenas dimensões para geração de energia, com reduzida interferência sobre o meio ambiente e praticamente nenhuma interferência com as comunidades locais.

A implantação de um empreendimento energético é considerada viável, quando:

- Há demanda por energia elétrica que justifique o projeto;
- O projeto possui condições técnicas para sua execução;
- Sua construção não acarreta impactos ambientais irreparáveis;
- Não há conflito entre sua operação e os demais usos da água em sua região de implantação;
- A sociedade local pode ser devidamente compensada pelos transtornos causados por sua implantação e operação; e
- Há agentes interessados em sua construção e no seu financiamento.

## 3.1. ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS

A sociedade atual tornou-se extremamente dependente das fontes de energia, em especial a elétrica. Dentre as principais formas de geração de energia elétrica destacam-se; energia eólica, energia solar, energia nuclear, as hidroelétricas, as termoelétricas e as usinas de biomassa.

No Brasil as opções de uso de energia solar e eólica mostram-se com um custo elevado, estando ainda em estágios iniciais de desenvolvimento tecnológico. A necessidade de importação de matéria-prima para operação de usinas a gás e indiretamente das usinas a óleo combustível, também tem inconveniências econômicas. Já as usinas termelétricas a carvão, apresentam grandes impactos ambientais, comparados às hidrelétricas, tal fato se deve aos estragos causados por uma mineradora de carvão, aliados aos gases lançados na atmosfera e a poluição dos rios.

A razão de se ter priorizado a implantação de usinas hidrelétricas deve-se, primordialmente, ao vasto potencial hidrelétrico existente no país e à competitividade econômica que tais fontes apresentam. Além de tratar-se de uma fonte abundante, limpa e renovável, a alternativa hidrelétrica constitui hoje uma área de pleno domínio pela tecnologia nacional.

Assim buscou-se, desde o princípio, enfatizar a questão ambiental, empregando-se materiais e técnicas pertinentes, que vislumbrassem o ambiente de forma a impactá-lo o mínimo possível, seguindo estritamente as normas técnicas e ambientais em vigor.

## 3.2. ALTERNATIVAS LOCACIONAIS

Analisando a topografia e o conjunto de informações coletadas em campo para o estudo, foram elaboradas duas alternativas de arranjo. Alternativas estas, onde se levou em conta fatores de ordem construtiva, econômica e ambiental, na busca da alternativa mais viável. Foi feita uma comparação entre as alternativas apresentadas na intenção de buscar a otimização do aproveitamento.

Dentre os aspectos que mais pesaram na hora de avaliar, destacam-se custo de instalação e a facilidade construtiva.

### 3.2.1 Alternativa 01

A primeira alternativa teria cotas de NA montante na elevação 880,90m e de jusante na elevação 869,40m com 11,50m de queda bruta. Será adicionado na margem direita da barragem a tomada d'água de onde parte o canal adutor por 30m até a câmara de carga. A partir desta, saem 02 tubulações com 4,40m de diâmetro cada com extensão de 15m até a casa de força. A casa de força abrigaria duas turbinas Kaplan tipo S. A subestação seria inserida ao lado da casa de força.

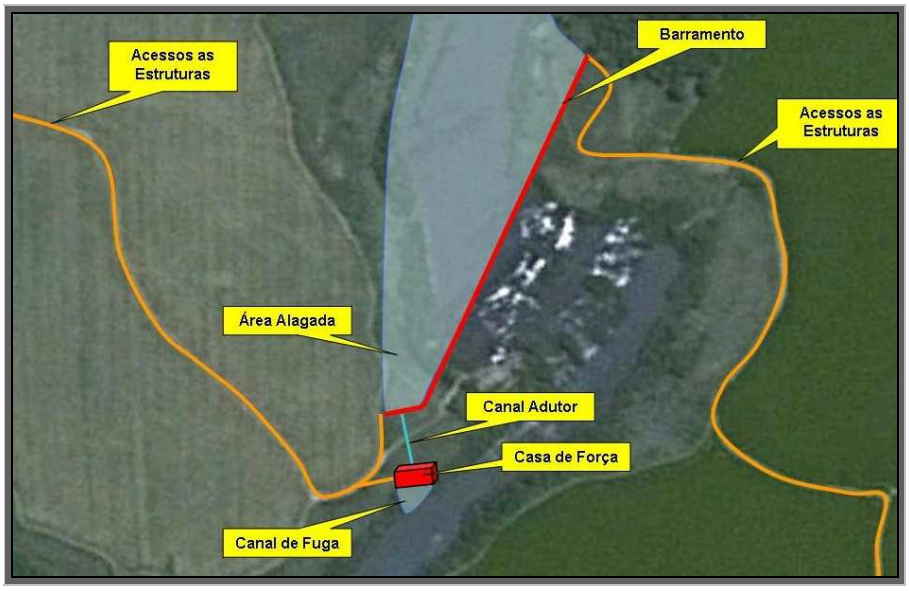



**Figura 3.1. Arranjo da primeira alternativa.**

### 3.2.2 Alternativa 02

A segunda alternativa manteria as mesmas cotas existentes NA montante na elevação 880,90m e de jusante na elevação 869,40m com 11,50m de queda bruta. A única diferença seria na margem inserida, neste caso no lado esquerdo do rio. Será adicionada na margem esquerda da barragem a tomada d'água de onde parte o canal adutor por 607m até a câmara de carga. A partir desta, saem 02 tubulações com 4,40m de diâmetro cada com extensão de 15m até a casa de força. A casa de força abrigaria duas turbinas Kaplan tipo S. A subestação seria inserida ao lado da casa de força.

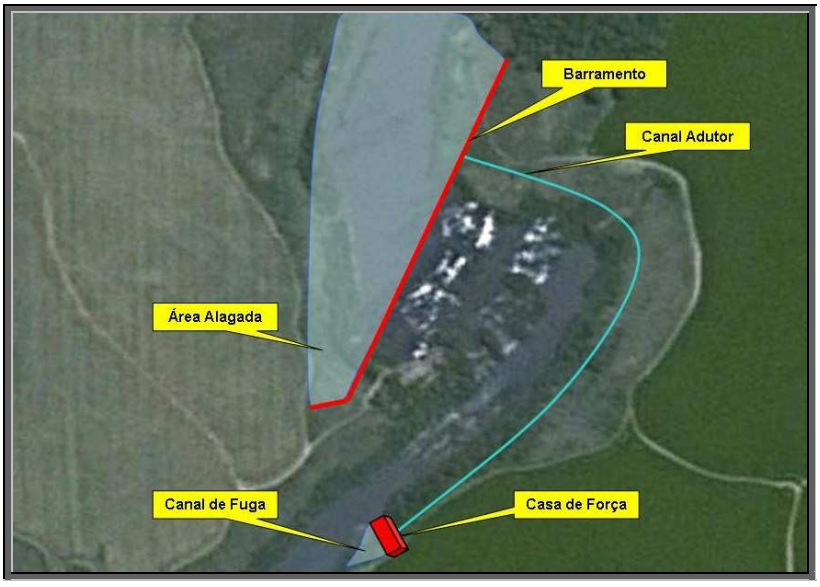



**Figura 3.2. Arranjo da segunda alternativa.**

### 3.2.3 Determinação de Quantitativos

Os quantitativos foram obtidos a partir das linhas de projeto indicadas nos desenhos de arranjos, através de processos de levantamentos e/ou cálculos geométricos por processos convencionais, considerando as seções geológico-geotécnicas definidas com base nas informações dos trabalhos de investigação de campo, utilizando planilhas eletrônicas especialmente preparadas para este propósito.

### 3.2.4 Determinação dos Custos

Para os itens relativos às obras civis, os preços unitários dos principais serviços foram obtidos a partir das composições de preços preparadas através de levantamentos de preços praticados no mercado, para o ano de 2012.

Os custos de aquisição e de montagem dos principais equipamentos como turbinas, geradores e comportas foram estimados com base na análise dos preços fornecidos por fabricantes.

### 3.2.5 Comparação das Alternativas

A seleção da alternativa foi feita baseando-se na maximização da eficiência econômico-energética em conjunto com a minimização dos impactos ambientais.

A diferença nos arranjos das duas alternativas é a margem utilizada para o circuito hidráulico, sendo que a alternativa 2 tem uma maior extensão no seu canal adutor.

Segue abaixo tabelas com os comparativos.

**Tabela 3.1. Quadro resumo das alternativas.**

| Alternativa | Área de Drenagem (km²) | NAM (m) | NAJ (m) | HB (m) | Vazão MLT (m³/s) | Potência Instalada (MW) | Área Alagada (ha) | Altura do Barramento (m) | Custo (R$) | Energia Firme | Geração Média Anual |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 01 | 3307,00 | 533,00 | 525,00 | 8,00 | 89,62 | 8,00 | 29,44 | 10,00 | 44.446.881,50 | 4,37 | 38.281,20 |
| 02 | 3307,00 | 533,00 | 525,00 | 8,00 | 89,62 | 8,00 | 29,44 | 10,00 | 51.722.876,52 | 4,37 | 38.281,20 |

#### 3.2.5.1 Orçamentos

A seguir, são mostrados os resumos dos orçamentos para os aproveitamentos que compõem as duas alternativas estudadas.

| ORÇAMENTO RESUMO DOS APROVEITAMENTOS IDENTIFICADOS | | | |
|---|---|---|---|
| Conta | Descrição | ALTERNATIVA 01 | ALTERNATIVA 02 |
| **.10.** | **TERRENOS, RELOCAÇÕES E OUTRAS AÇÕES SÓCIO-AMBIENTAIS** | 2.115.020,25 | 2.115.020,25 |
| .10.10 | AQUISIÇÃO DE TERRENOS E BENFEITORIAS | 1.228.755,00 | 1.228.755,00 |
| 10.11 | RELOCAÇÕES | 0,00 | 0,00 |
| 10.15 | OUTRAS AÇÕES SÓCIO-AMBIENTAIS | 785.550,00 | 785.550,00 |
| **.10.27** | **EVENTUAIS DA CONTA .10** | 100.715,25 | 100.715,25 |
| | | | |
| **.11** | **ESTRUTURAS E OUTRAS BENFEITORIAS** | 3.212.221,43 | 3.212.221,43 |
| .11.12 | BENFEITORIAS NA ÁREA DA USINA | 25.000,00 | 25.000,00 |
| .11.13 | CASA DE FORÇA | 3.027.521,00 | 3.027.521,00 |
| .11.14 | SUBESTAÇÃO - OBRAS CIVIS | 6.737,50 | 6.737,50 |
| **.11.27** | **EVENTUAIS DA CONTA .11** | 152.962,93 | 152.962,93 |
| | | | |
| **.12** | **BARRAGEM E ADUTORAS** | 7.820.880,47 | 9.649.741,42 |
| **.12.16** | **DESVIO DO RIO** | 343.200,00 | 343.200,00 |
| .12.16.21 | ENSECADEIRAS (Primeira Fase) | 222.750,00 | 222.750,00 |
| .12.16.22 | ENSECADEIRAS (Segunda Fase) | 120.450,00 | 120.450,00 |
| .12.16.23 | TÚNEL DE DESVIO | 0,00 | 0,00 |
| .12.16.24 | CANAL OU GALERIA / ADUFA DE DESVIO | 0,00 | 0,00 |
| **.12.17** | **BARAGENS E DIQUES** | 2.232.233,57 | 2.232.233,57 |
| .12.17.26 | BARRAGENS DE CONCRETO (considerado no item .12.18.28) | 0,00 | 0,00 |
| .12.17.27 | DIQUE LATERAL (OMBREIRA ME) | 1.637.357,14 | 1.637.357,14 |
| .12.17.28 | DIQUE LATERAL (OMBREIRA MD) | 594.876,43 | 594.876,43 |
| **.12.18** | **VERTEDOUROS** | 1.395.178,57 | 1.395.178,57 |
| .12.18.28 | VERTEDOUROS DE SUPERFÍCIE | 1.395.178,57 | 1.395.178,57 |
| **.12.19** | **TOMADA D'ÁGUA E CANAL DE ADUÇÃO** | 3.304.625,50 | 5.005.891,50 |
| .12.19.30 | TOMADA D'ÁGUA E TRANSPOSIÇÃO | 919.547,50 | 919.547,50 |
| .12.19.31 | CANAL DE ADUÇÃO | 78.270,00 | 1.779.536,00 |
| .12.19.32 | TÚNEL DE ADUÇÃO | 0,00 | 0,00 |
| .12.19.33 | CÂMARA DE CARGA | 1.279.212,50 | 1.279.212,50 |
| .12.19.34 | TUBULAÇÃO DE ADUÇÃO | 0,00 | 0,00 |
| .12.19.35 | CONDUTO FORÇADO | 1.027.595,50 | 1.027.595,50 |
| .12.19.36 | CANAL DE FUGA | 0,00 | 0,00 |
| **.12.27** | **EVENTUAIS DA CONTA .12 OBRAS CIVIS** | 363.761,88 | 448.825,18 |
| **.12.27** | **EVENTUAIS DA CONTA .12 EQUIPAMENTOS** | 181.880,94 | 224.412,59 |
| | | | |
| **.13** | **TURBINAS E GERADORES** | 17.825.775,00 | 17.825.775,00 |
| .13.13 | TURBINAS | 9.180.000,00 | 9.180.000,00 |
| .13.13 | GERADORES | 8.211.000,00 | 8.211.000,00 |
| .13.27 | EVENTUAIS DA CONTA .13 | 434.775,00 | 434.775,00 |
| | | | |
| **.14** | **EQUIPAMENTO ELÉTRICO ACESSÓRIO** | 5.810.200,00 | 5.810.200,00 |
| | | | |
| **.15** | **DIVERSOS EQUIPAMENTOS DA USINA** | 313.650,00 | 313.650,00 |
| | | | |
| **.16** | **ESTRADAS RODAGEM** | 17.325,00 | 17.325,00 |
| | | | |
| **.10 até .16** | **CUSTO DIRETO TOTAL EQUIVALENTE** | 37.115.072,14 | 38.943.933,09 |
| | | | |
| **.17** | **CUSTOS INDIRETOS** | 1.290.450,00 | 1.290.450,00 |
| | | | |
| **.17.21** | **CANTEIRO E ACAMPAMENTO** | 459.000,00 | 459.000,00 |
| .17.21.38 | CONSTRUÇÃO DO CANTEIRO E ACAMPAMENTO | 144.000,00 | 144.000,00 |
| .17.21.39 | MANUTENÇÃO E OPERAÇÃO DO CANTEIRO E ACAMPAMENTO | 240.000,00 | 240.000,00 |
| .17.21.40 | MOBILIZAÇÃO E DESMOBILIZAÇÃO | 75.000,00 | 75.000,00 |
| **.17.22** | **ENGENHARIA E ADMINISTRAÇÃO DO PROPRIETÁRIO** | 770.000,00 | 770.000,00 |
| .17.22.40 | ENGENHARIA | 650.000,00 | 650.000,00 |
| .17.22.41 | ADMINISTRAÇÃO DO PROPRIETÁRIO | 120.000,00 | 120.000,00 |
| **.17.27** | **Eventuais da Conta .17** | 61.450,00 | 61.450,00 |
| | | | |
| **.10 até .17** | **CUSTO TOTAL SEM JUROS** | 38.405.522,14 | 40.234.383,09 |
| **.18** | **JUROS DURANTE A CONSTRUÇÃO (1 ano 6% a/a)** | 2.304.331,33 | 2.414.062,99 |
| **.10 até .18** | **CUSTO TOTAL COM JUROS** | 40.709.853,47 | 42.648.446,08 |

### 3.2.5.2 Índice Custo-benefício Energético

As análises e comparações econômico-energéticas têm como base índices custo/benefício energético, expressos em R$/MWh ou US$/MWh. Para um determinado aproveitamento, seu índice custo/benefício energético é definido como a razão entre seu custo total anual e o seu benefício energético.

O índice custo/benefício energético de um aproveitamento é definido como a razão entre seu custo total anual (CT), incluindo custos de investimento, operação, manutenção, e o seu benefício energético, associado à energia média, no caso dos aproveitamentos com potência inferior a 30 MW, conforme expresso a seguir:

Dado este obtido através da expressão:

$$ICB = \frac{CT}{8760\ x\ \Delta Em}$$

Onde:

- ICB = índice custo/ benefício energético da usina, expresso em R$/MWh;
- CT = custo total anual da usina, expresso em R$;
- ΔEm = acréscimo de energia firme proporcionado pela adição da usina, expresso em MW médios.

Sendo o custo total anual de cada usina calculado pela expressão:

$$CT = C\,x\,FRC + P\,x\,COPM\ x10^{3}$$

Onde:

- C = custo da usina, incluindo juros durante a construção, expresso em R$;
- COPM = custo anual de operação e manutenção de usinas hidrelétricas, expresso em R$/kWano.
- P = potência instalada da usina, expresso em MW;
- n = vida útil (em anos);

- i = taxa anual de desconto;

- FRC = fator de recuperação de capital, ao longo da vida econômica útil do aproveitamento, em função da taxa de desconto adotada, expresso pela expressão abaixo:

Onde,

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

Para esta avaliação econômica foram considerados os seguintes critérios:

- Taxa de juros de 12% ao ano;

- Vida útil econômica dos aproveitamentos de 30 anos;

- Fator de recuperação de capital (FRC) = 12,41%

- Custo de referência de energia de 140,00 R$/MWh;

- Custo de operação e manutenção de 12,00 R$ /MWh;

- Taxa de câmbio de 1US$ = 1,70 R$ (abril/2012).

Abaixo estão apresentados alguns gráficos representativos, quanto ao custo de instalação das alternativas estudadas.

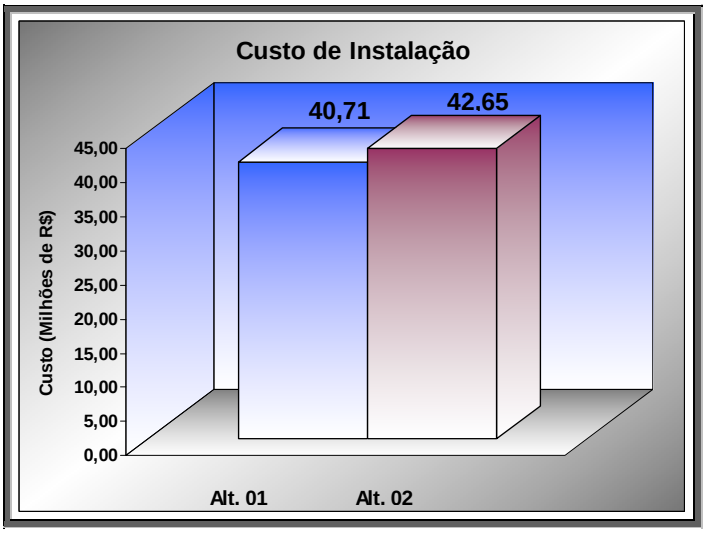



**Figura 3.3. Comparativo Custo de Instalação.**

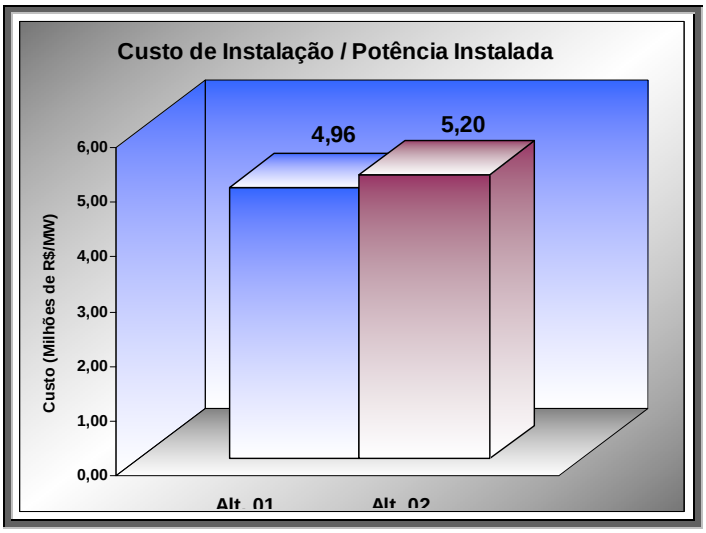



**Figura 3.4. Comparativo Custo de Instalação/Potência Instalada.**

A tabela a seguir apresenta o cálculo do índice custo-benefício para cada as alternativas propostas.

**Tabela 3.2. Cálculo do Custo Índice Benefício das Alternativas.**

| Avaliação do Índice Custo-Benefício | | |
|---|---|---|
| **ALTERNATIVAS** | **01** | **02** |
| $ICB = CT/(8760 \times \Delta Em) =$ | 130,41 | 136,50 |
| $CT = Ci \times FRC + Pi \times COM \times 10^3 =$ | 5.152.270,11 | 5.392.934,08 |
| $FRC = \{j x(1+j)^z\} / \{(1+j)^z - 1\} =$ | 0,1241 | 0,1241 |
| *Ci - Custo do aproveitamento com juros durante a construção (R$) =* | 40.709.853,47 | 42.648.446,08 |
| *j - taxa de juros (%) =* | 12,00 | 12,00 |
| *z - vida economica útil das usinas (anos) =* | 30,00 | 30,00 |
| *COM - Custo anual de operação e manutenção (R$/k.W.ano) =* | 12,00 | 12,00 |
| *Pi - Potência instalasa (MW) =* | 8,20 | 8,20 |
| *Efi - Energia Média Gerada (MWméd.) =* | 4,51 | 4,51 |

Através dos quadros apresentados acima, podemos fazer um comparativo completo das alternativas.

O gráfico a seguir mostra um comparativo dos Índices obtidos para os aproveitamentos de ambas as alternativas, bem como o valor médio encontrado para cada uma delas.

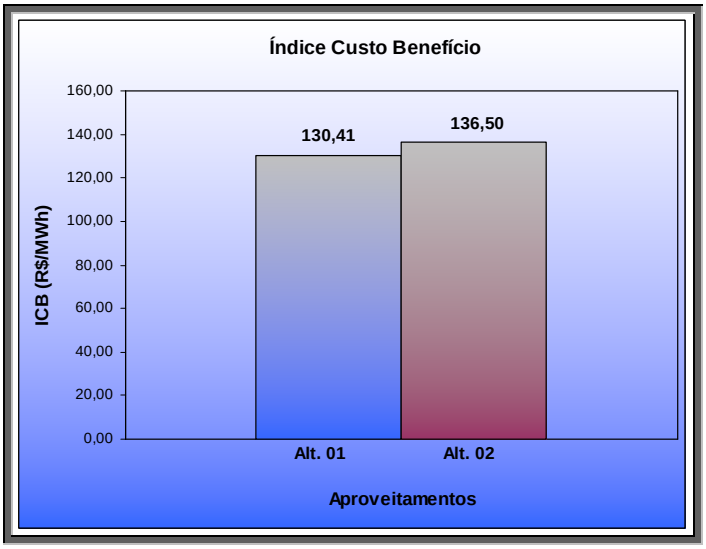



**Figura 3.5. Comparativo do índice custo das alternativas**

### 3.2.6 Alternativa Selecionada

Em resumo ambas as alternativas seriam praticamente equivalentes em termos energéticos, já que aproveitam a mesma queda bruta.

A maior dificuldade para implantação desta segunda alternativa encontra-se justamente na grande extensão do canal adutor na margem esquerda, uma vez que o mesmo demandaria maiores volumes de movimentação de terra.

Portanto, considerando as dificuldades construtivas e o impacto ambiental gerado pela alternativa de implantação do circuito adutor pela margem esquerda do Rio Jordão, optou-se pela alternativa já apresentada em nível de inventário, com a adução feita pela margem direita. A seguir será feita uma descrição bastante minuciosa da alternativa escolhida.

_____

Denny Rodrigo Kufner

Engenheiro Civil - CREA SC- n$^0$ 068997-7

CPF: 933.625.799-49

Xanxerê, Agosto de 2012.