

30 de setembro de 2024



Reavaliação do Patrimônio Mineral da CPRM e  
**CAULIM DE RIO CAPIM - PARÁ**

Divisão de Economia Mineral e Geologia Exploratória - DIEMGE



# Equipe Técnica

## **Coordenação Geral**

Ruben Sardou

## **Supervisão Técnica Nacional**

Ricardo Wosniak

## **Chefe de Projeto**

Eduardo Moussalle Grissolia

Firmino Coutinho Correia Junior

## **Pesquisadores em Geociências**

Firmino Coutinho Correia Junior (Geologia)

Eduardo Moussalle Grissolia (Modelagem 3D e  
Estimativa de Recursos)

Bruce Fabini Franco Chiba (Geofísica e Topografia)

Marcos Ferreira (Geofísica)

Rogério Celestino de Almeida (GIS)

Elias Bernard da Silva do Espírito Santo (GIS)

Gustavo Alexandre Silva (Avaliação Econômica)

Luciana Felício Pereira (Socioambiental)

## **Apoio Técnico**

Paulo Ricardo Almeida Sampaio – DIEMGE RJ

Djalma Luiz Hartery Neto- SUREG BE

Edilberto Raimundo Lisboa Leão - SUREG BE

Avelino Moraes - SUREG BE

Linaldo de Sousa Mesquita – SUREG BE

Alceu Percy Mendel Junior – SUREG BE

Daniella Pascoal de Paiva Macedo – SUREG SA

## **Apoio Administrativo**

Maria Madalena Figuerêdo de Lima

## **Estagiários**

Camila Evangelista Fonseca

Alane Iasmin Cordara da Silva

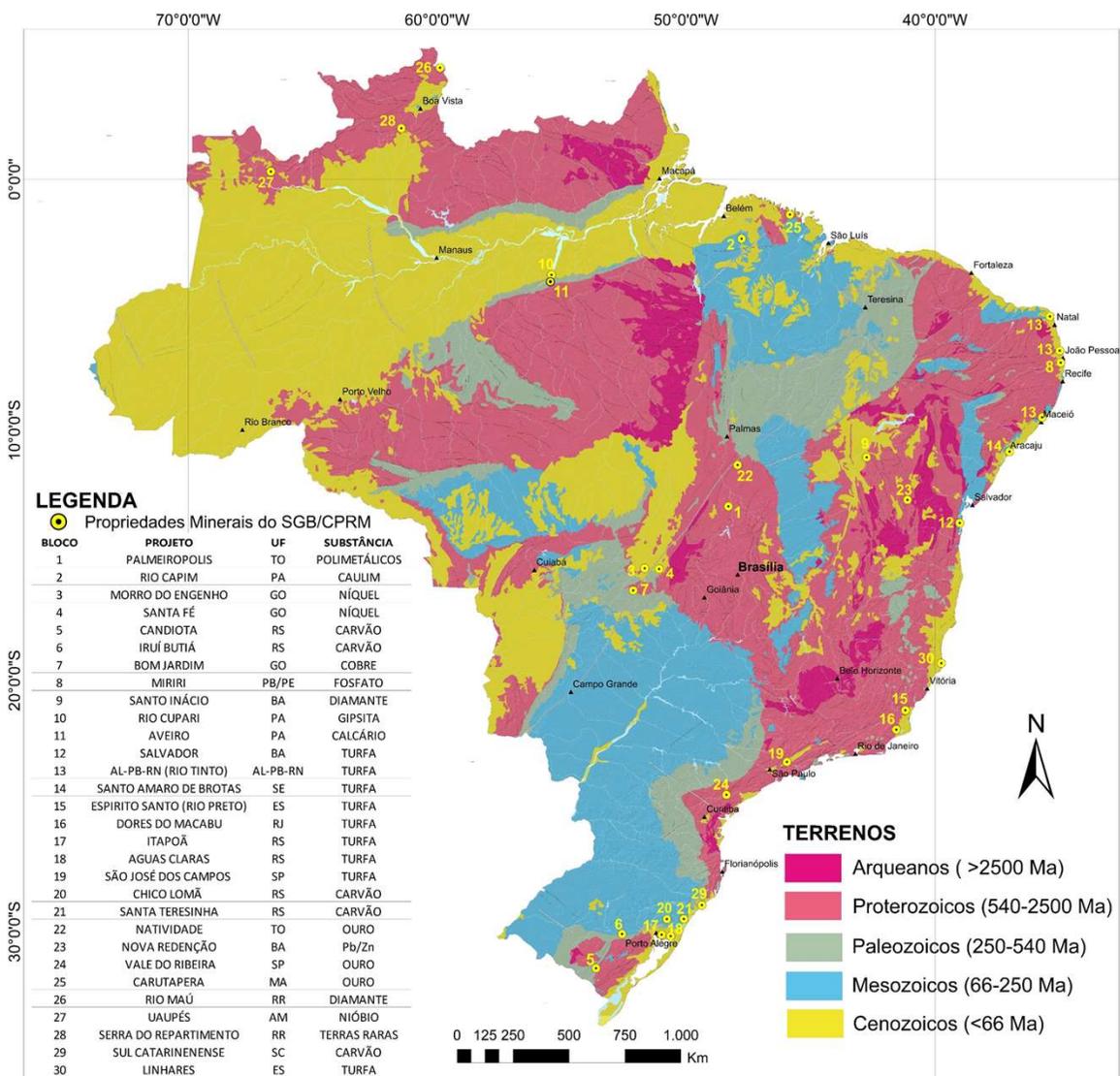


# Sumário

1. Introdução
2. Histórico do Projeto Rio Capim
3. Localização
4. Contexto Geológico Regional
5. Geologia do depósito de Rio Capim
6. Base de dados
7. Modelagem geológica
8. Modelos de blocos
9. Estimativa de recursos
10. Parametrização de recursos
11. Relação Estéril/Minério
12. Aspectos Socioambientais
13. Quadro final de recursos
14. Considerações finais

# Introdução

- São 319 processos minerários junto a ANM;
- Pesquisa das décadas de 70 e 90;
- Projetos com relatório final de pesquisa mineral, aprovados na ANM (quase em sua totalidade);
- Estudos de validação dos dados obtidos e reavaliação dos recursos minerais em acordo com as mais modernas técnicas disponíveis.
- 30 blocos por todo país, os bens minerais que compõem o portfólio da instituição, são: fosfato (1) cobre (1), chumbo (1), zinco (1), ouro (1), caulim (1), níquel laterítico (2), gipsita (1), carvão (5), turfa (8), diamante (2), nióbio (1), terras-raras (1) e calcário (1).
- 30 projetos – 5 já licitados (2-pesquisa complementar e 3-Duodilligence);

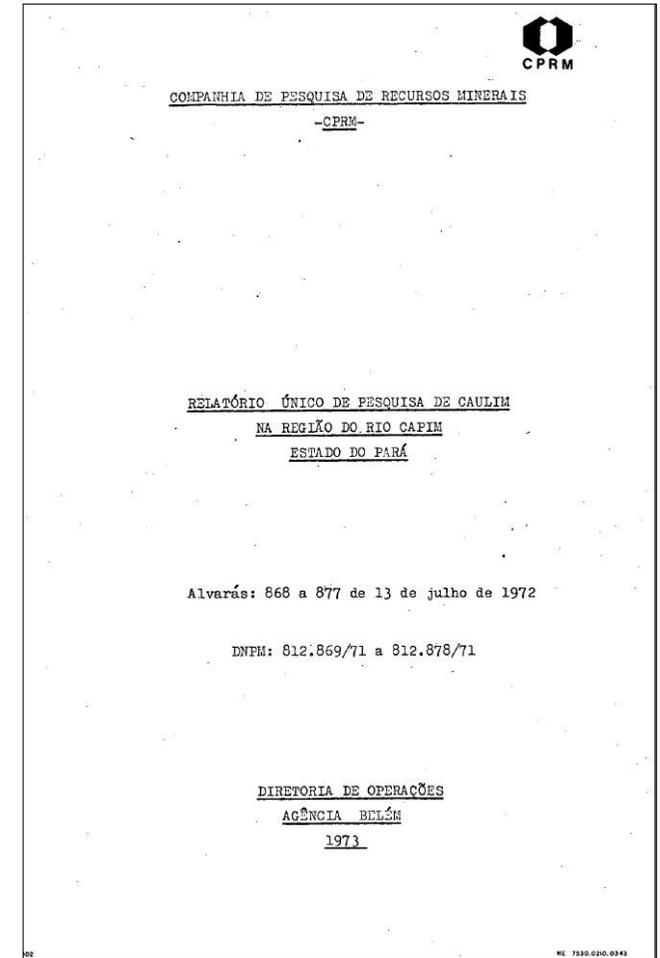


# Histórico do Projeto Rio Capim

- Reconhecido pela CPRM no ano de 1971 a partir da constatação da presença de espesso pacote de caulim branco nos barrancos do rio Capim;
- Formulação de 10 pedidos de pesquisa, correspondentes à 10 áreas de 1.000 ha cada;
- Trabalhos de pesquisa:
  - Total de 1667,20m de escavações executadas (poços de pesquisa, sondagens a trado e rotativa, trincheira);
    - Análises para qualificação do caulim;
    - Ensaio Específico preconizados pela indústria do papel (coating);
- Relatório Final de Pesquisa aprovado em 1974.

**Recurso Total Reportado = 566.819.164 Mt.**

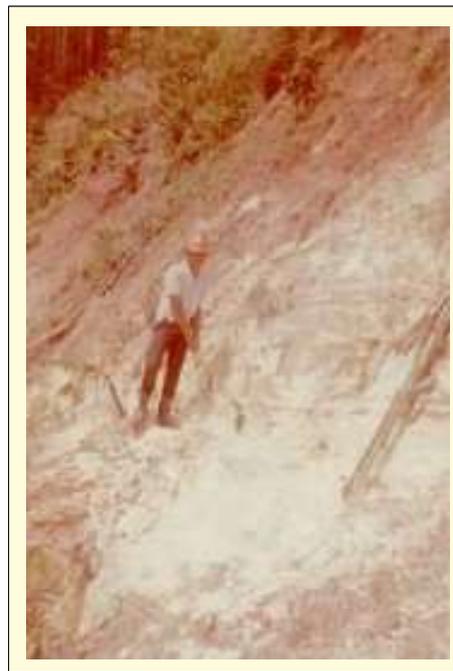
(Medida =  $212 \times 10^6$ t; Indicada =  $255 \times 10^6$ t; inferida =  $100 \times 10^6$ t)



## Histórico do Projeto Rio Capim



Trincheira aberta para pesquisa.

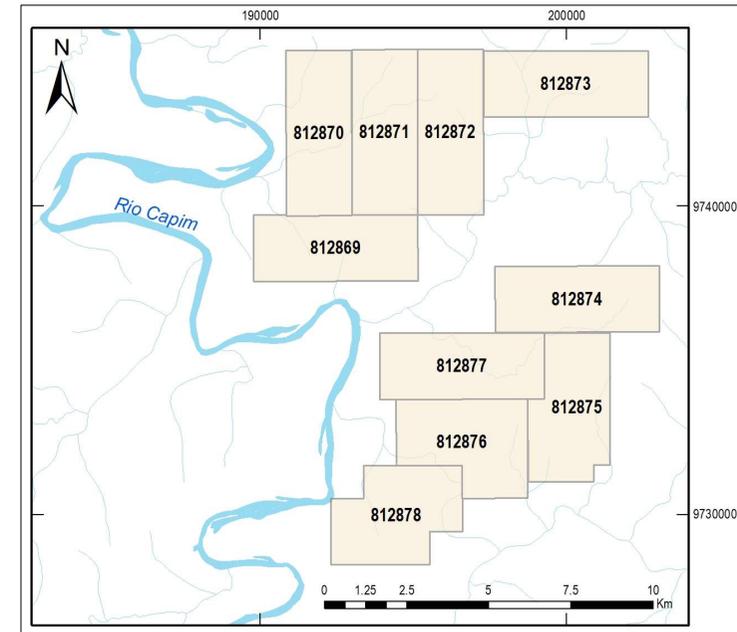
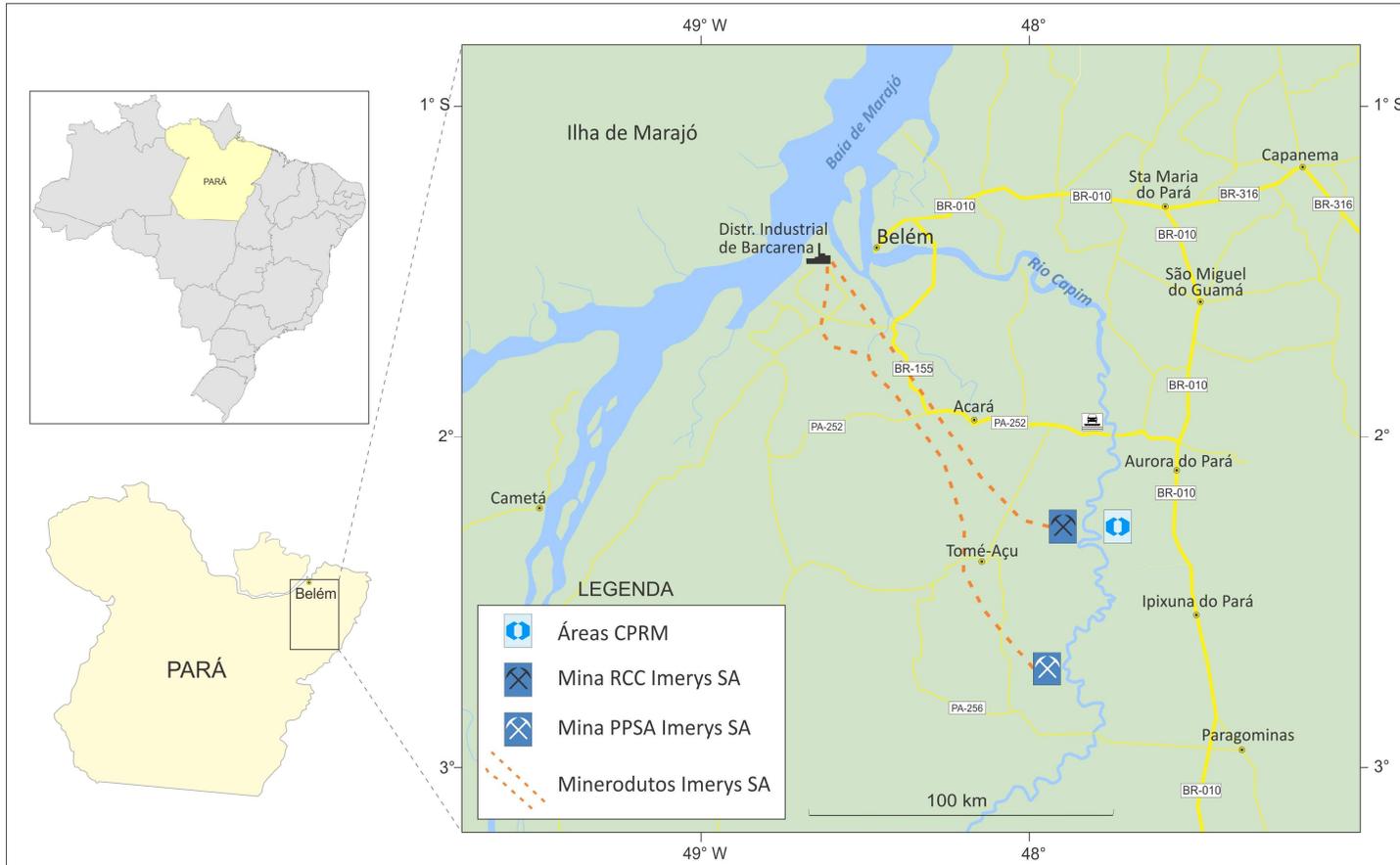


Afloramento de caulim às margens do Rio Capim.



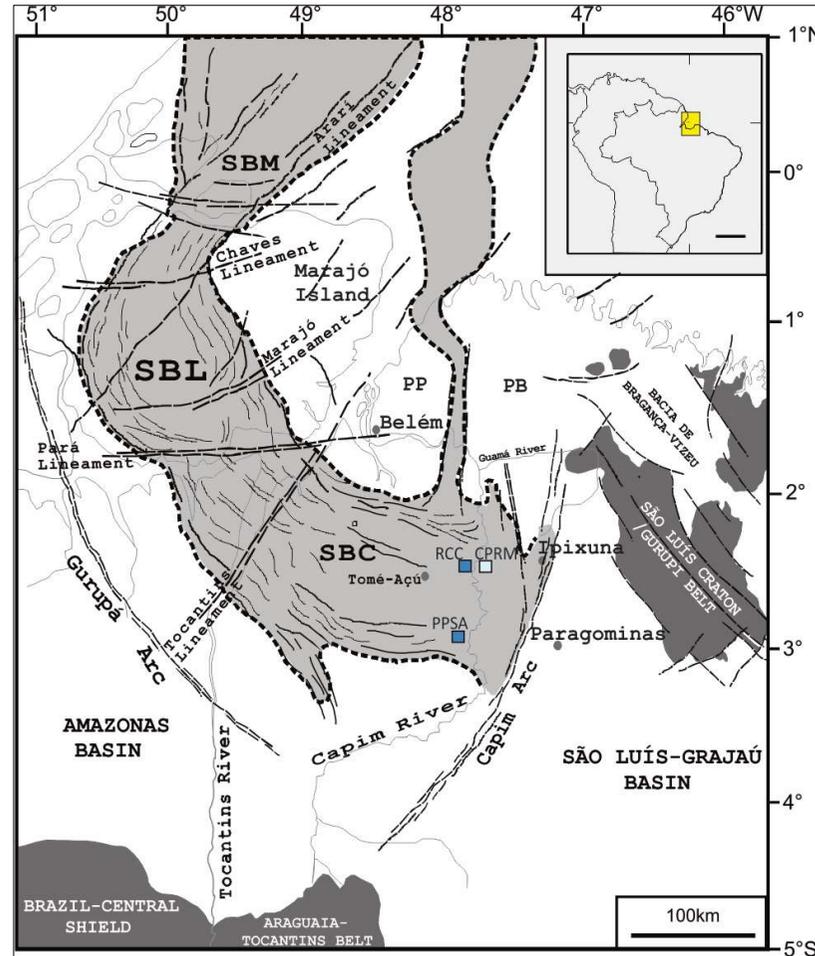
Poços de pesquisa.

# Localização



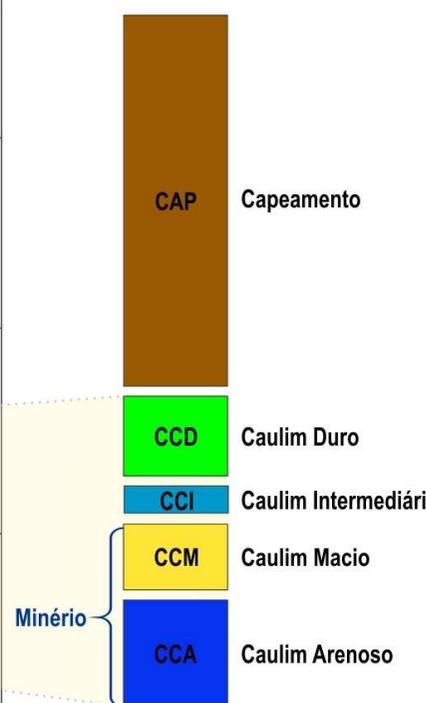
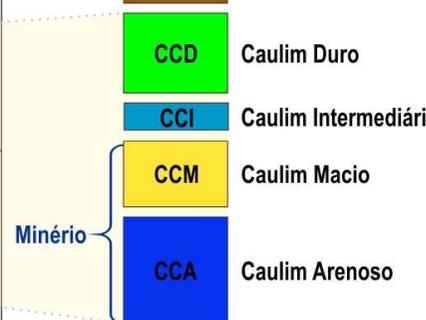
# Contexto Geológico Regional

- Bacia do Marajó;
- Sub-bacia Cametá;
- Limites:
  - SE - Arco Capim
  - SW - Arco Gurupá
  - NW - Lineamento de Tocantins;
  - N - Plataformas do Pará e Bragantina



# Geologia do depósito de Rio Capim

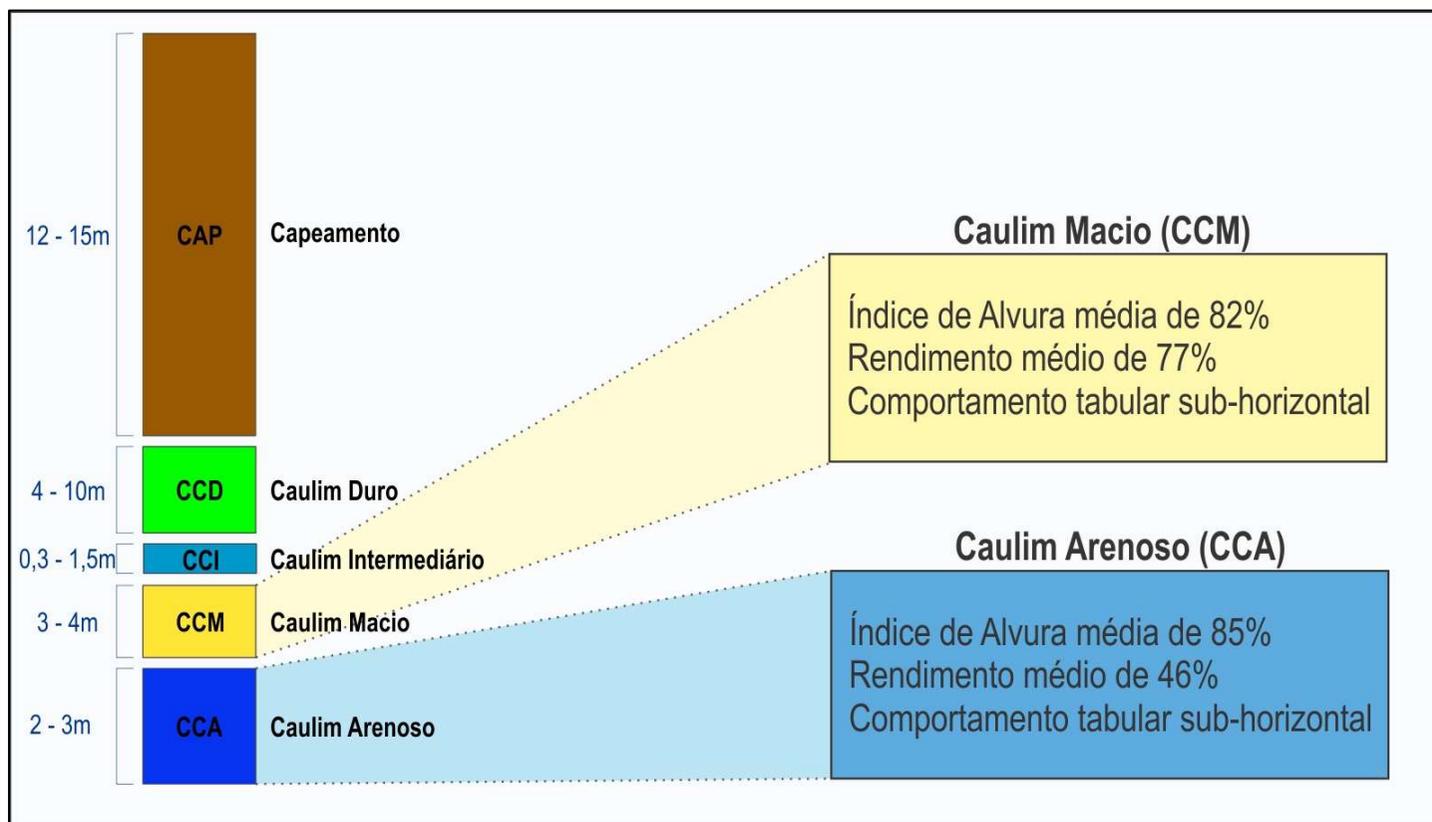
## Aspectos litoestratigráficos

Ma	Período	Litoestrat.	Descrição litológica	Geologia do depósito
5	Plioceno ao recente	Sed. Pós Barreiras	Sedimentos argilo-arenosos, de coloração avermelhada contendo nódulos ferruginosos entre outros produtos lateríticos.	
23	Mioceno	SD3	Arenitos avermelhados finos à médios, argilas variegadas e níveis conglomeráticos.	
34	Oligoceno	Fm. Barreiras		
56	Eoceno	SD2		
65	Paleoceno	Fm. Ipixuna Unid. A2	Caulim retrabalhado, endurecido, com impregnações de óxidos de Fe e Ti.	
100	Cretáceo superior	SD1	Caulim desferrificado de coloração branca. Em direção à base aumento no conteúdo de quartzo com gradação para argilo-arenito caulinitico.	
		Fm. Ipixuna Unid. A1		
	Cretáceo inferior	Fm. Itapecuru	Arenitos quartzosos, siltitos e argilitos de coloração vermelho-chocolate.	



# Geologia do depósito de Rio Capim

Características das principais camadas de caulim

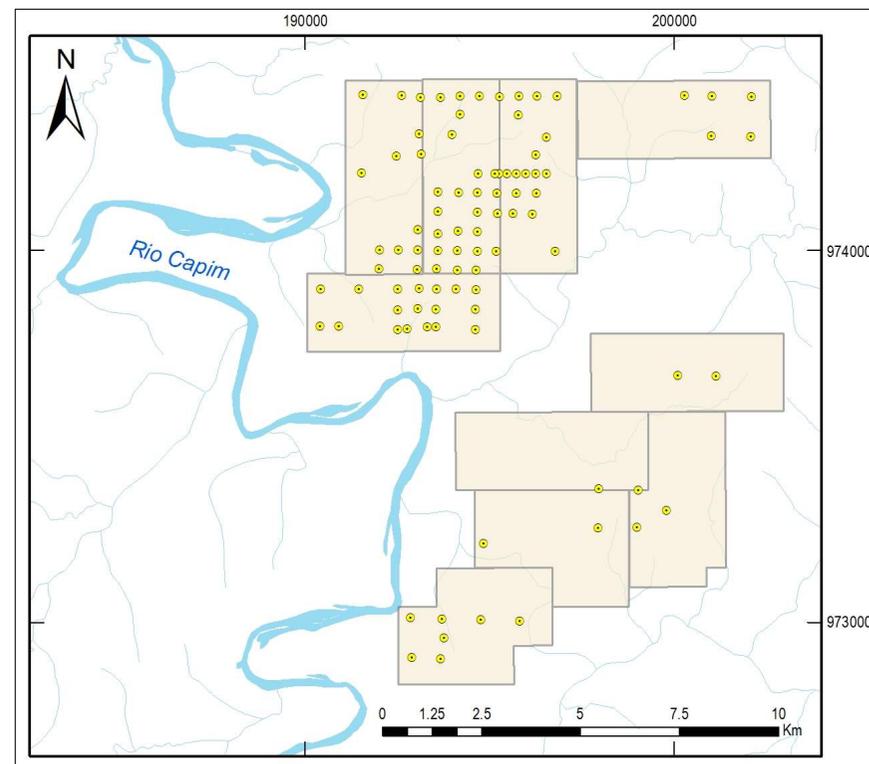


# Base de dados

## Dados de poços

A base de dados contou somente com os dados recuperados do Projeto Rio Capim.

- **Bloco Norte** - 78 poços – Prof. Média = 20,15m
- **Bloco Sul** - 15 poços – Prof. Média = 16,32m
- Malhas de 2000, 1000 e 500m
- Realizado **levantamento com DGPS** nas bocas dos furos para ajuste topográfico;
- Testemunhos, amostras e/ou polpas das escavações executadas, não localizados;
- Impossibilidade de reamostragens ou reanálises.





## Base de dados

### Dados analíticos recuperados

- 111 – Análises de composição mineralógica (caulinita, mica, quartzo, gibbsita, anatásio, alunita, rutilo);
- 57 – Análises químicas (pf, SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO, MgO, TiO<sub>2</sub>, Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O);
- 547 – Índice de alvura crua (325#, 5 $\mu$ , 3 $\mu$ );
- 268 – Resultados de (amarelamento) yellowness (325#, 5 $\mu$ , 3 $\mu$ );
- 19 – Resultados de alvuras branqueadas;
- 245 – Análises de rendimentos (325#, 5 $\mu$  e 2 $\mu$ );
- 249 – Análises de distribuição ponderal de partículas de diâmetro inferior a 2 $\mu$  (325#, 5 $\mu$ );
- 6 – Análises de pH;



# Modelagem Geológica

## Introdução

A modelagem geológica do depósito de Rio Capim foi totalmente desenvolvido no software Strat 3D, o qual foi originalmente concebido para depósitos de carvão. Em função da similaridade deste tipo de depósito com o depósito de caulim de Rio Capim, propôs-se uma adaptação do software ao objetivo deste trabalho.

- **Tipos de minério considerados:**
  - Camada de Caulim Macio (CCM)
  - Camada de Caulim Arenoso (CCA)
  
- **Principais referências:**
  - Descrições geológicas dos intervalos
  - Índice de Alvura
  - Rendimento
  - Análise ponderal de partículas

# Modelagem Geológica

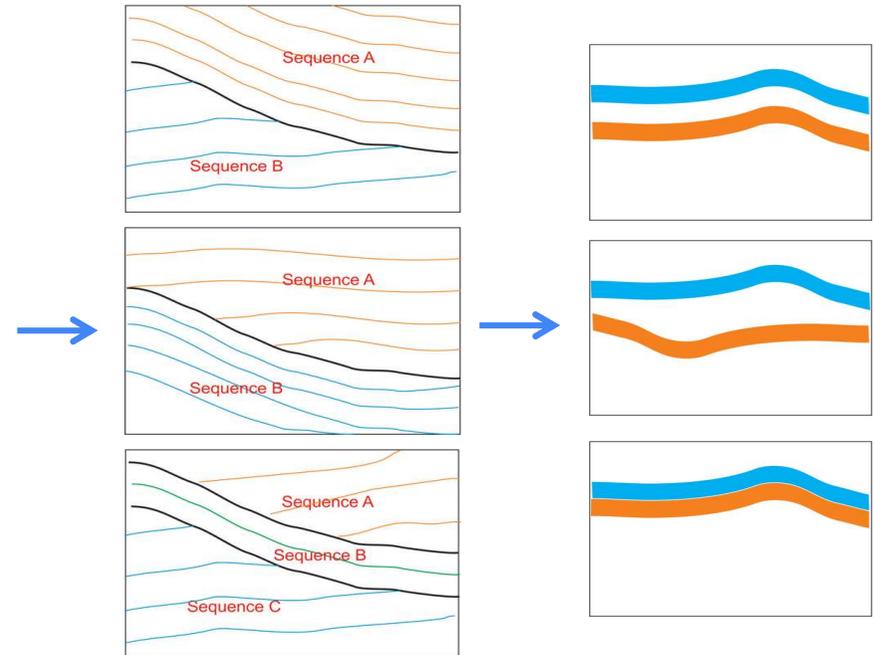
## Sequência e relações estratigráficas

The screenshot shows the software interface for geological modeling. On the left is a vertical toolbar with various tools. The main area displays a stratigraphic column with several layers: TOPO (top), SCAP (orange grid), SCCO (blue grid), SCCI (green grid), CCM1 (yellow), EST3 (red grid), IPX (blue), and AREI (light green). A red vertical bar labeled 'IPX' is positioned to the left of the column. On the right, there are two panels for defining properties. The top panel is for 'IPX' and the bottom panel is for 'ORE'. The 'ORE' panel has a dropdown menu for 'Conformity' with 'Conformable' selected and highlighted by a red box. At the bottom of the interface are buttons for 'From Holes', 'Save Changes', and 'Discard Changes'.

Property	Value
Name	IPX
Geology	
Color	IndianRed
GeologicalOrder	1
Conformity	Conformable
Surfaces	
TrendSurface	

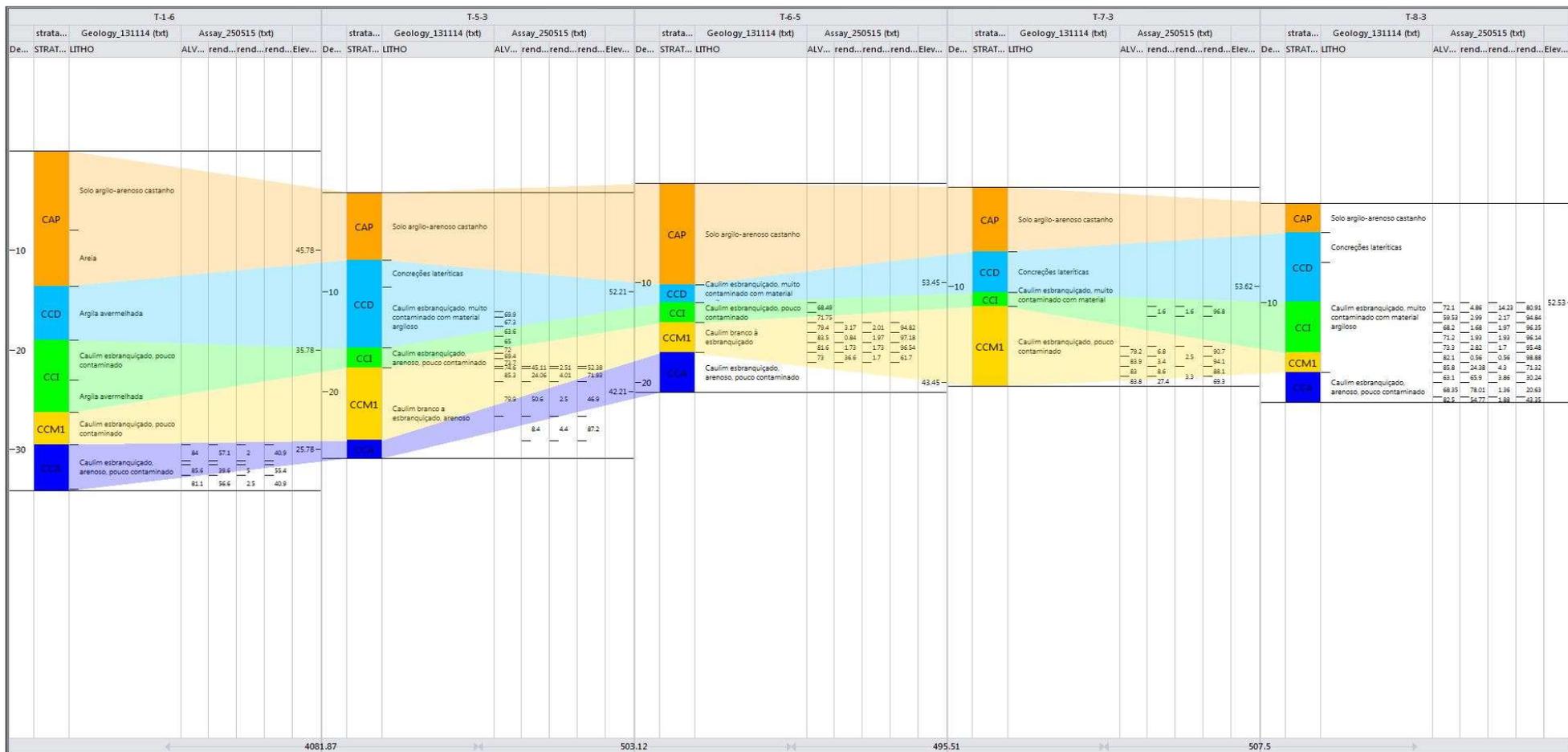
  

Property	Value
Name	ORE
Geology	
GeologicalOrder	2
Conformity	Conformable
Surfaces	
TrendSurface	



# Modelagem Geológica

## Correlações estratigráficas



# Modelagem Geológica

## Métodos de interpolação

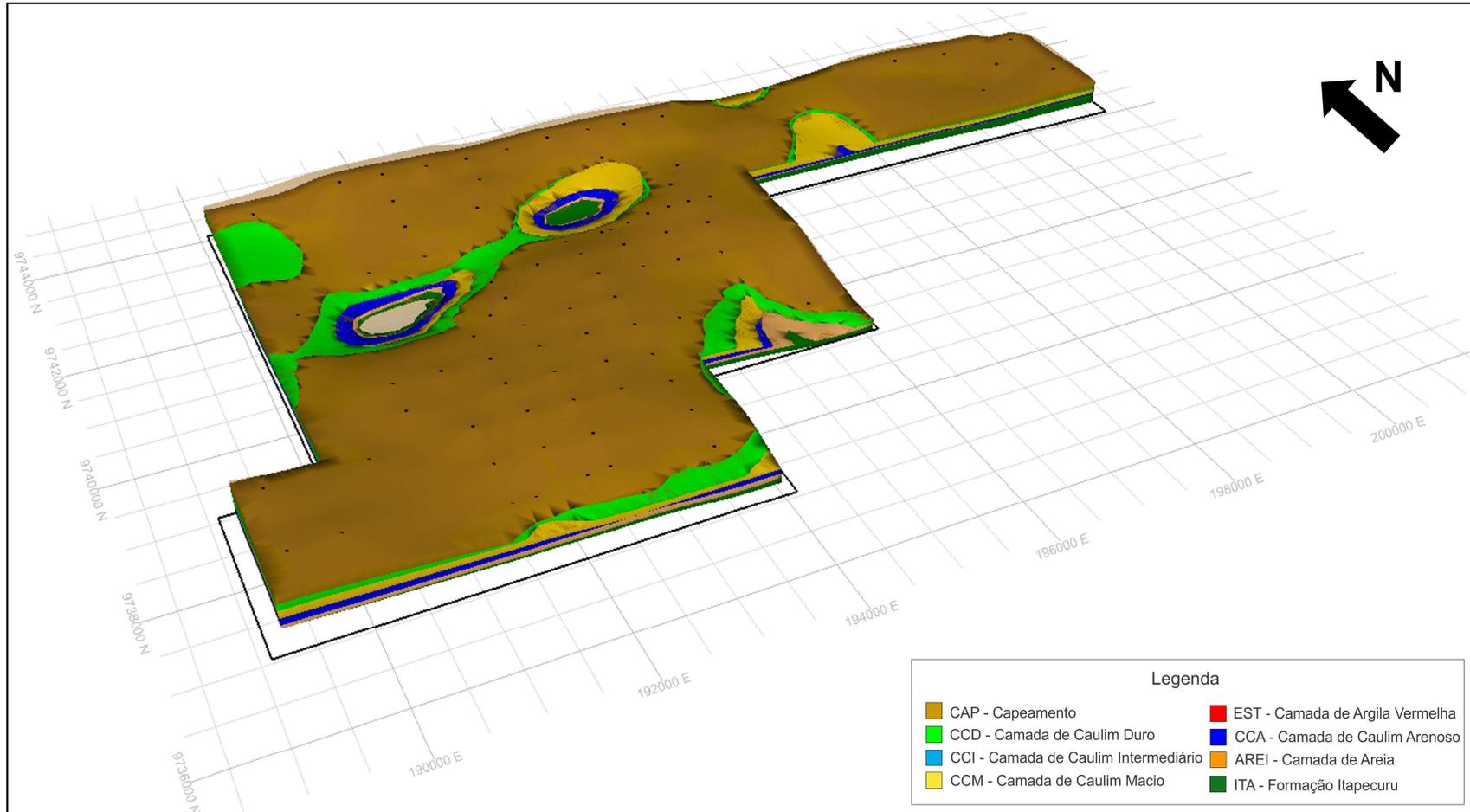
- Interpolador de espessura  
“Vizinho mais próximo”
- Interpolador de superfícies  
“Vizinho mais próximo”
- Raios de busca:  
1000x1000m - Bloco Norte;  
2000x2000m - Bloco Sul;

The screenshot displays the 'Modelagem Area Norte' software interface, specifically the 'Interpolators' tab. The interface is divided into several sections:

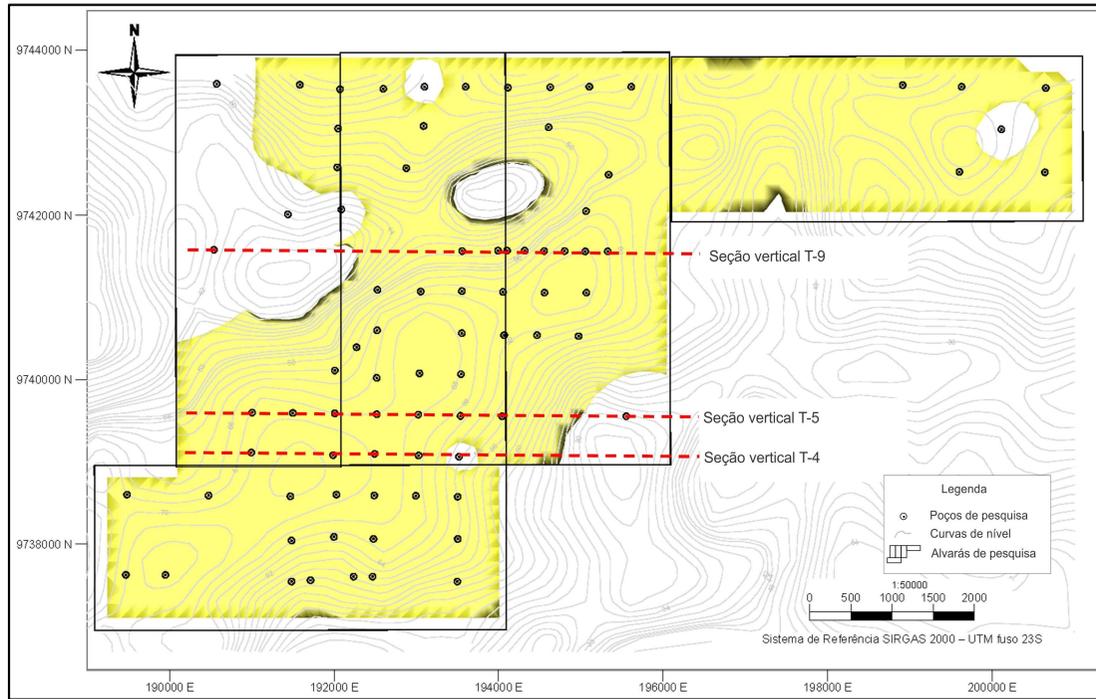
- Input:** A vertical sidebar on the left contains icons for Drillholes, Strata, Faults, Qualities, Correlation, Sections, Expressions, and Analysis.
- Structure:** A vertical sidebar below Input contains icons for Modeling, Analysis, Quality, Modeling, Analysis, Evaluation, Regions, Evaluation, Reporting, Plotting, Drillhole Planning, and Export.
- Thickness Interpolator:** Includes a Method dropdown set to 'Near', Distance Power (3), Trend Order (1), Smoothing options (Bi-harmonic, Harmonic, Smooth borders), and an Ellipse diagram with Radius (1000), Minor (1000), and Rotation (0). It also has Samples Min (1) and Max (100) fields.
- Surface Interpolator:** Includes a Method dropdown set to 'Near', Distance Power (3), Trend Order (1), Smoothing options (Bi-harmonic, Harmonic, Smooth borders), and an Ellipse diagram with Radius (1000), Minor (1000), and Rotation (0). It also has Samples Min (1) and Max (100) fields.
- Use Sectors:** Two sections, one for Thickness and one for Surface, each with fields for Number of sectors (1), Minimum filled sectors (1), Minimum sectors (1), and Maximum sectors (5).
- Build Model:** A section with checkboxes and 'Run' buttons for 'Validate Drillholes', 'Build Drillhole Model', 'Build Wireframes', and 'Build Strata Model'. The 'Validate Drillholes' and 'Build Wireframes' buttons are highlighted in green with the text 'Complete'.
- Feedback:** A large empty text area for user feedback.
- Buttons:** 'Save Changes', 'Discard Changes', 'Run', 'Abort', 'Report', and 'Save Log...' buttons are located at the bottom right.

# Modelagem Geológica

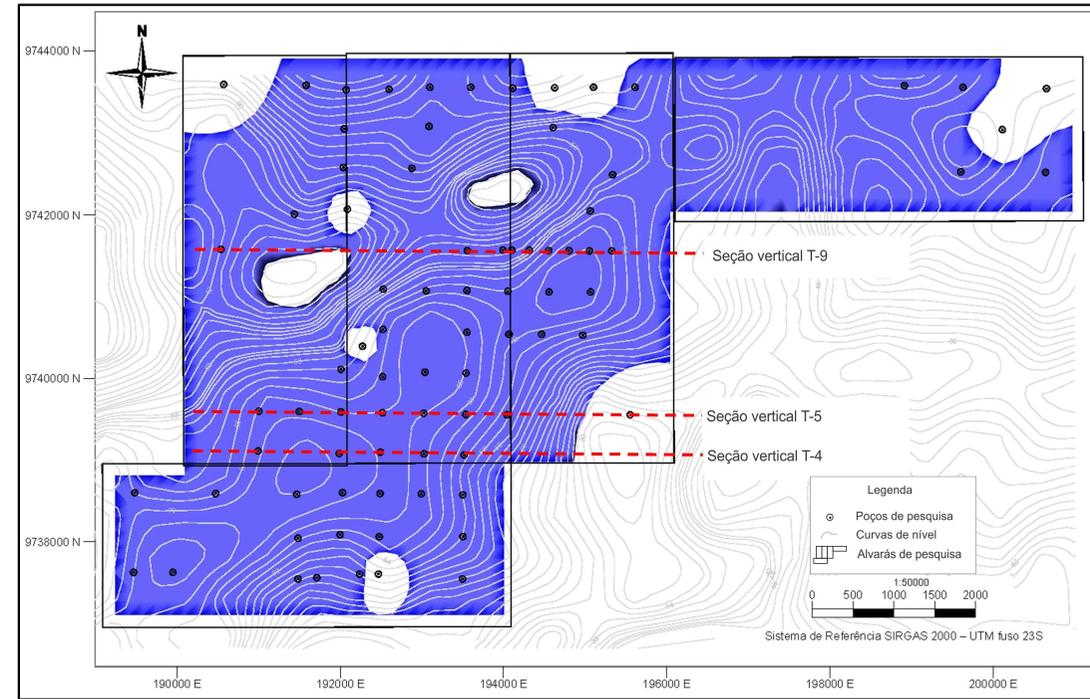
Modelo Bloco Norte



### Camada de Caulim Macio



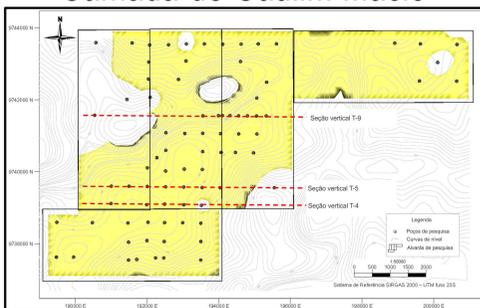
### Camada de Caulim Arenoso



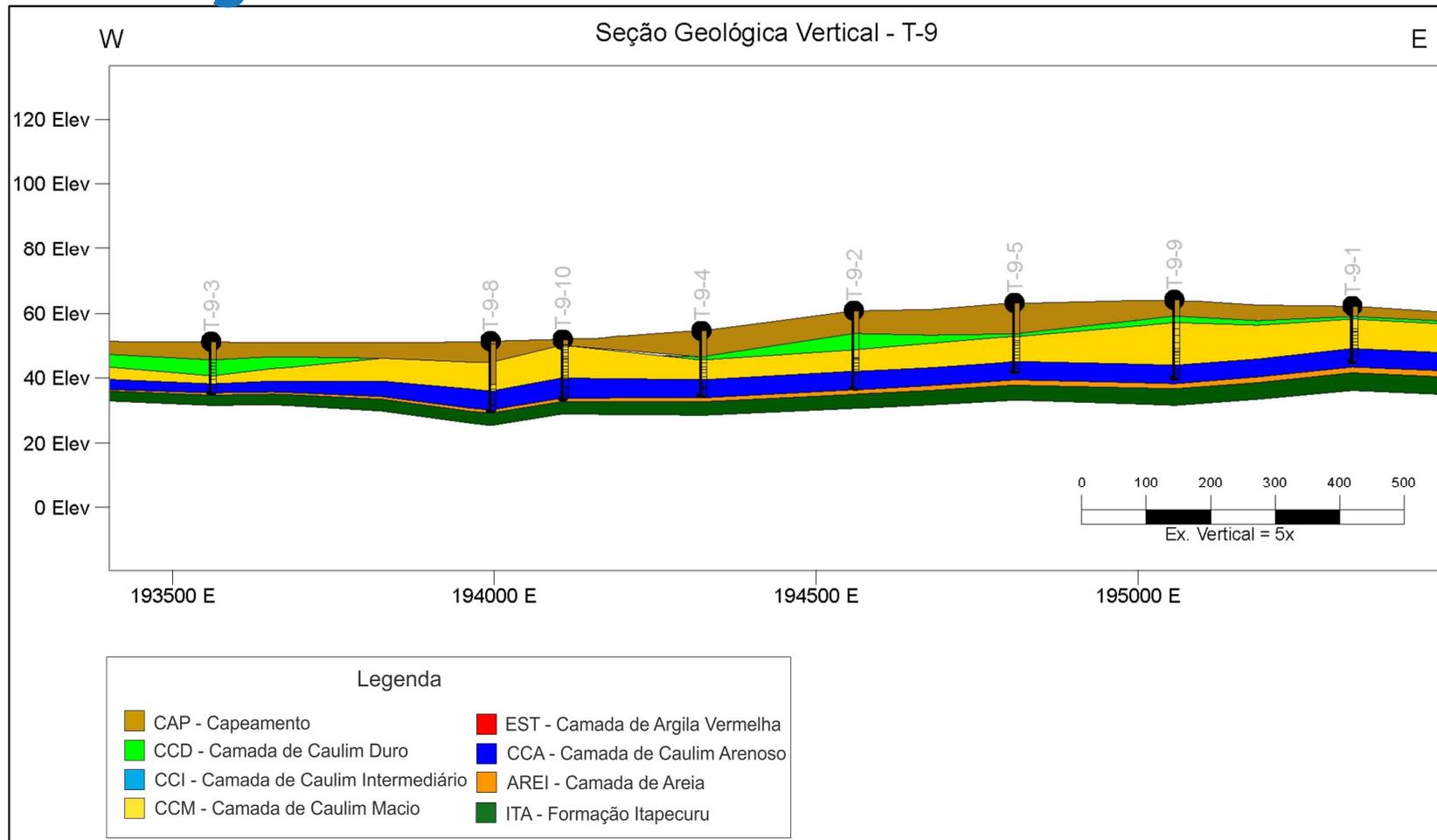
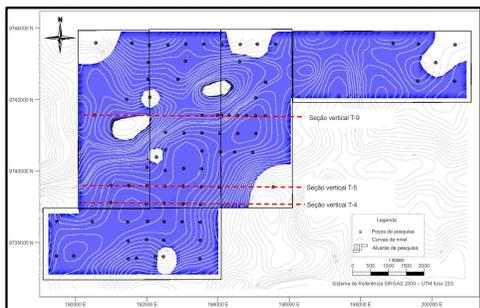
# Modelagem Geológica

Bloco Norte

Camada de Caulim Macio

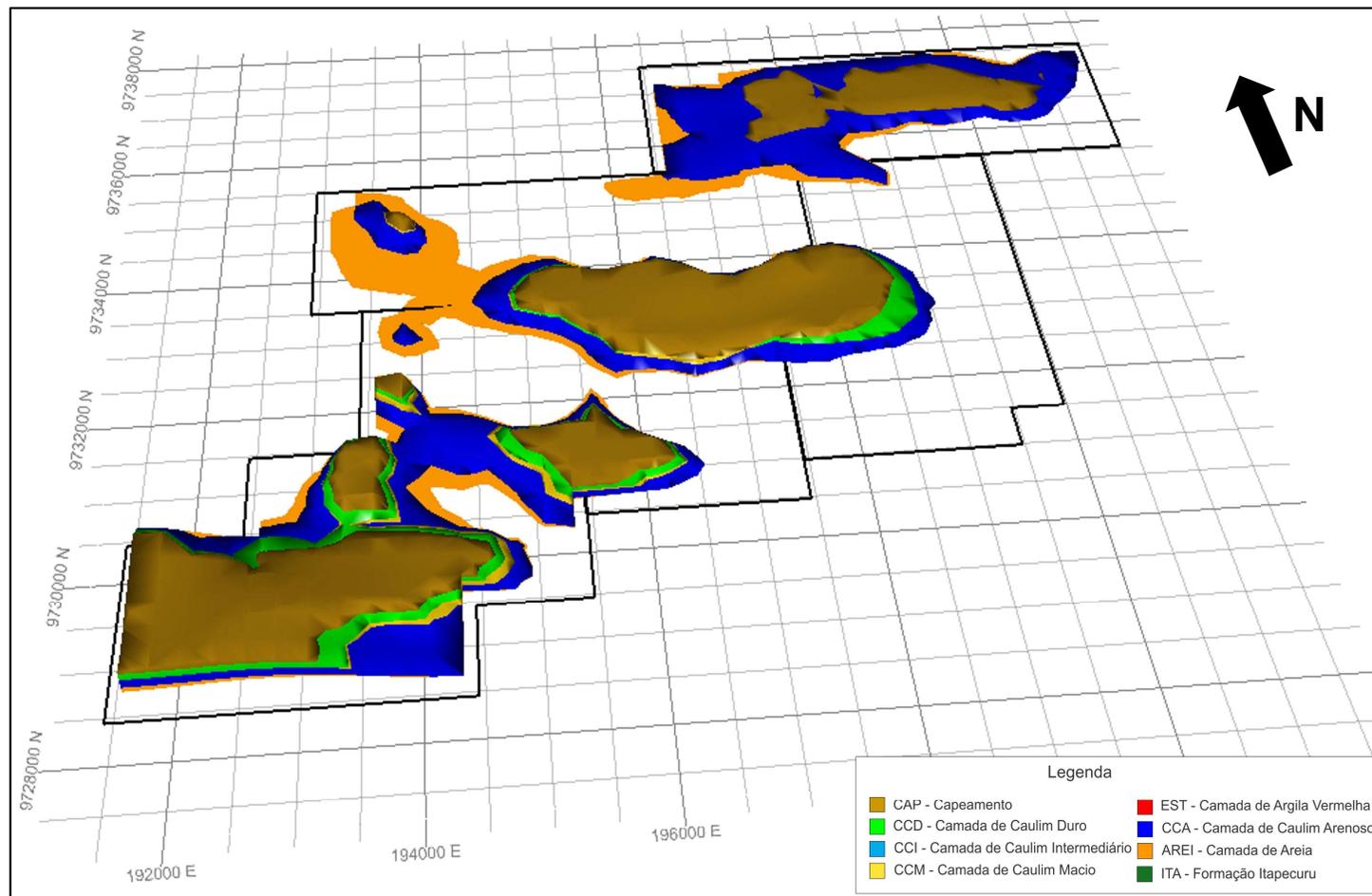


Camada de Caulim Arenoso

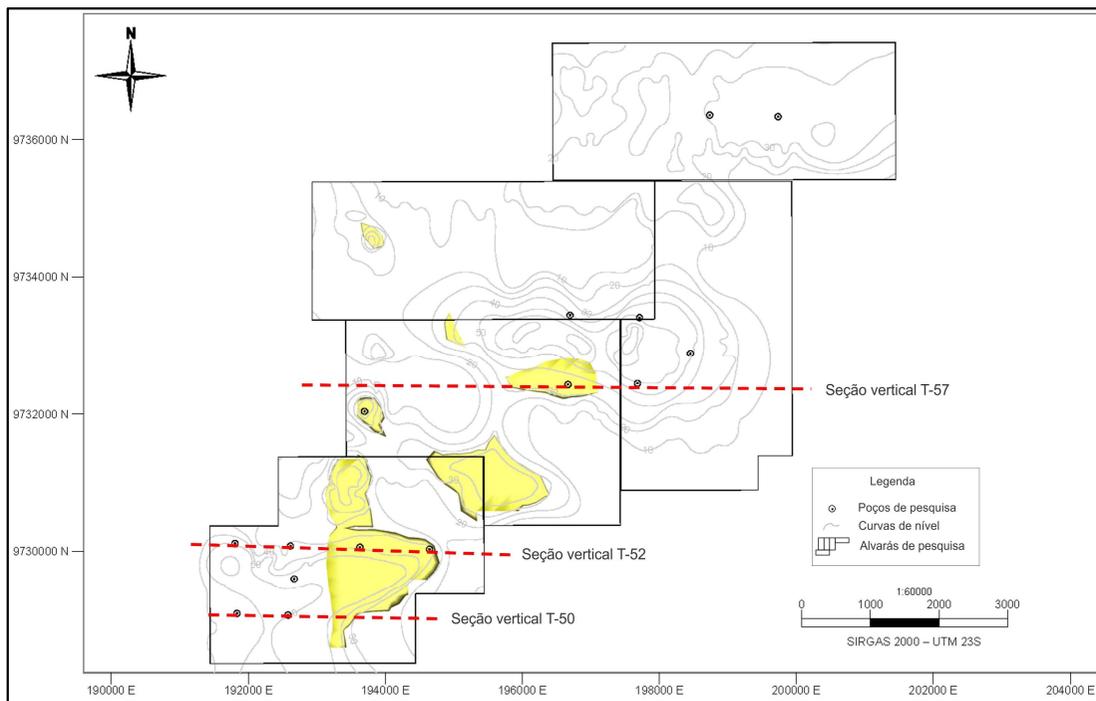


# Modelagem Geológica

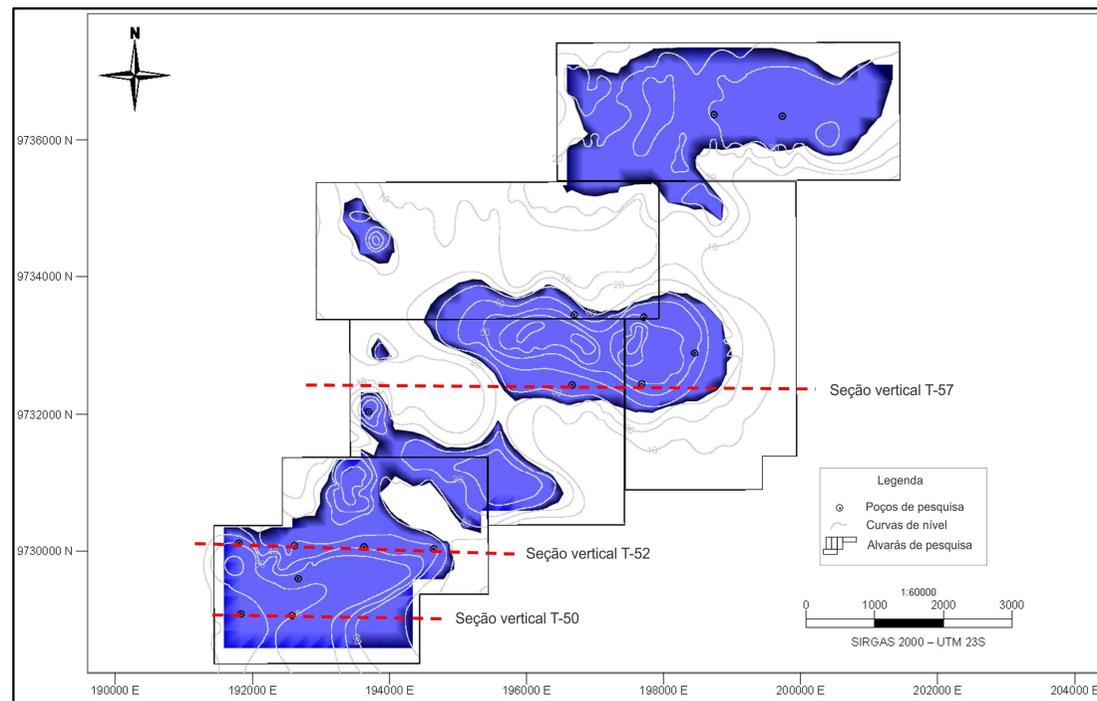
Bloco Sul



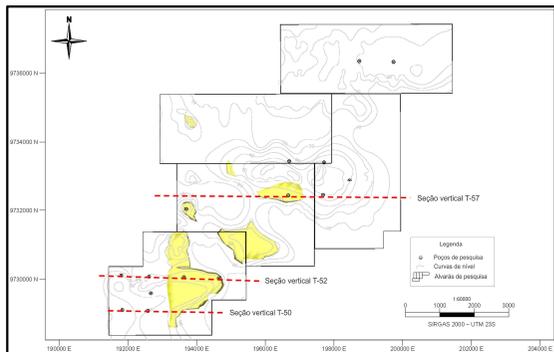
### Camada de Caulim Macio



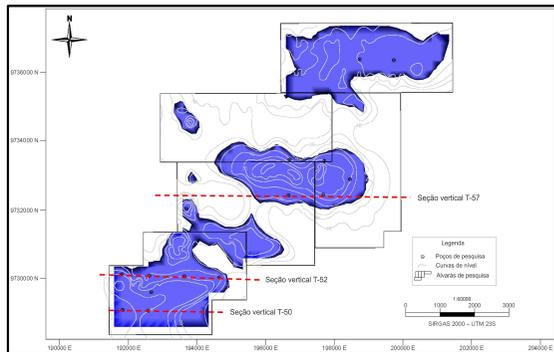
### Camada de Caulim Arenoso



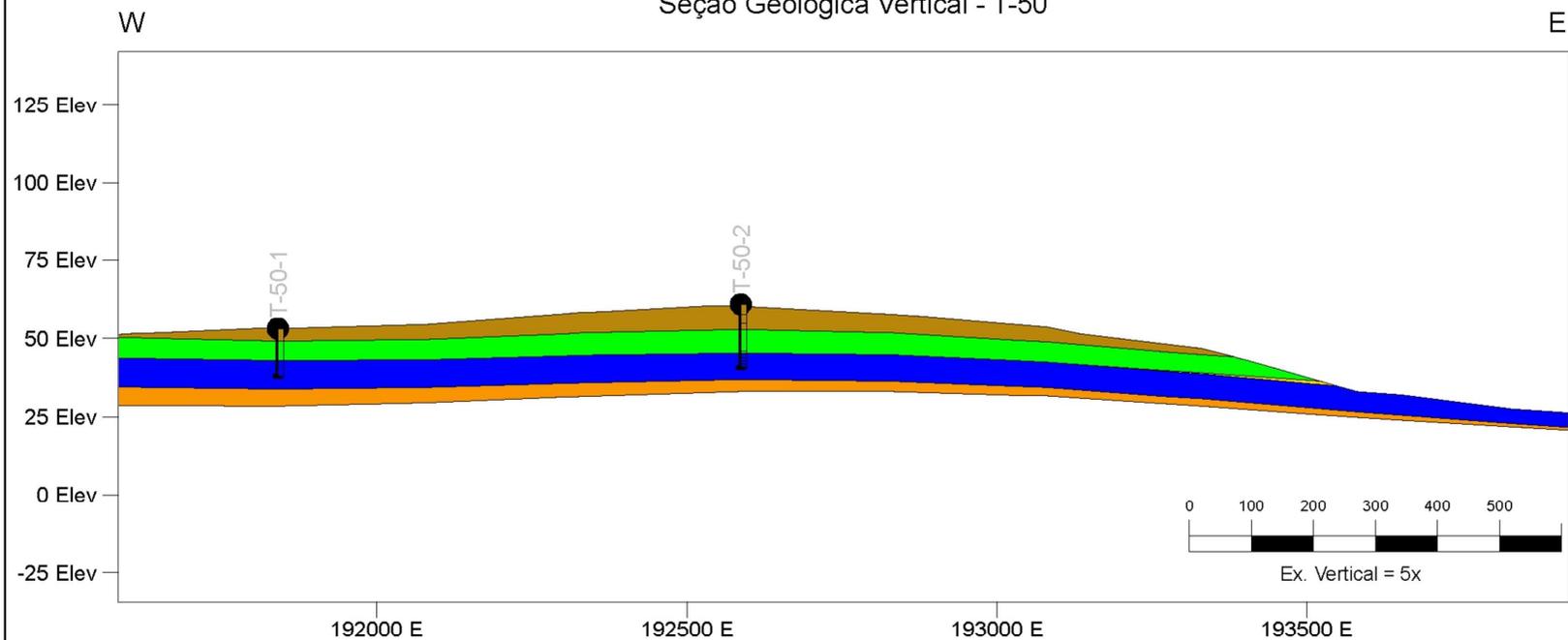
### Camada de Caulim Macio



### Camada de Caulim Arenoso



### Seção Geológica Vertical - T-50

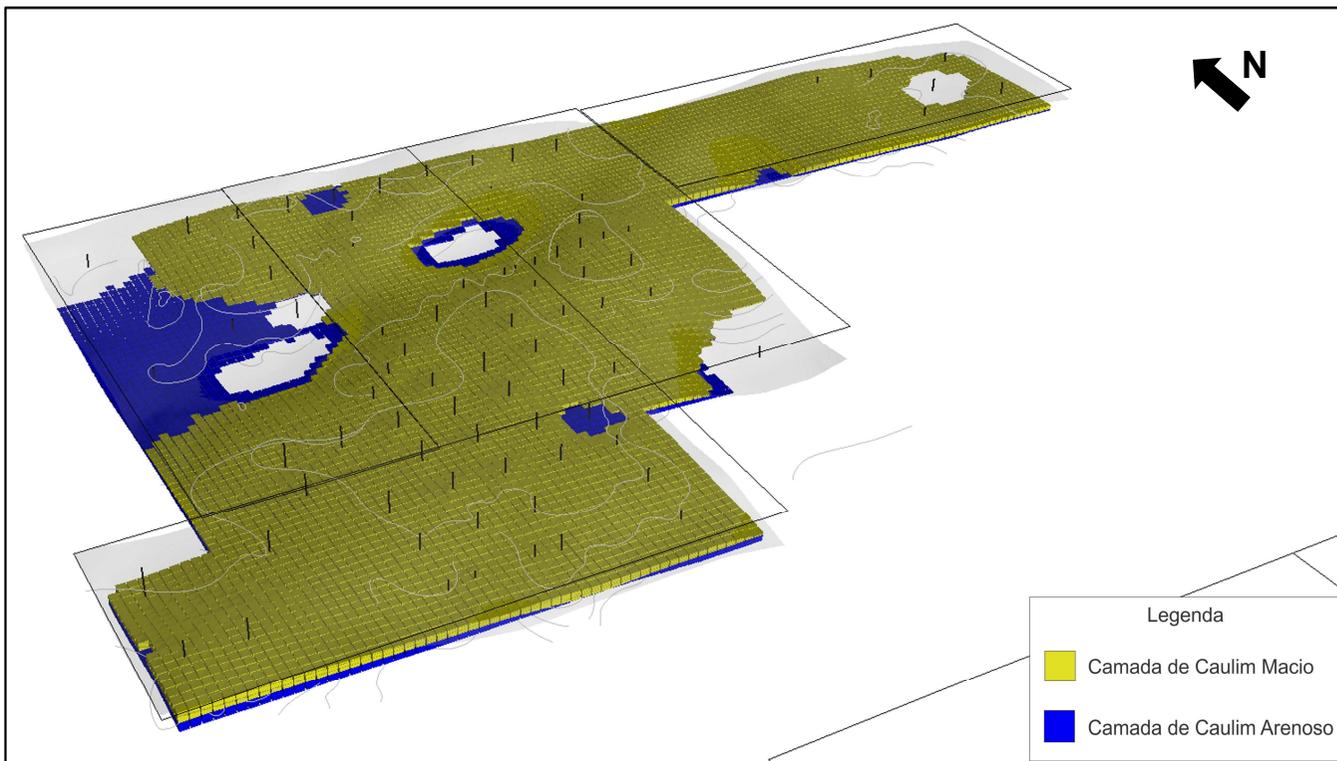


#### Legenda

- |                                      |                                 |
|--------------------------------------|---------------------------------|
| CAP - Capeamento                     | EST - Camada de Argila Vermelha |
| CCD - Camada de Caulim Duro          | CCA - Camada de Caulim Arenoso  |
| CCI - Camada de Caulim Intermediário | AREI - Camada de Areia          |
| CCM - Camada de Caulim Macio         | ITA - Formação Itapecuru        |

# Modelo de blocos

Bloco Norte

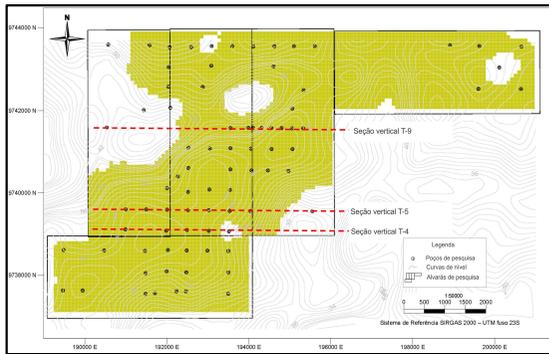


Bloco	Eixos	Tamanho do Bloco	Tamanho de Sub-blocos	Origem UTM	Número de Blocos	Rotação
Norte	X	170	85	188.896	76	0
	Y	170	85	9.736.772	45	0
	Z	0,5	0.01	-200	822	0

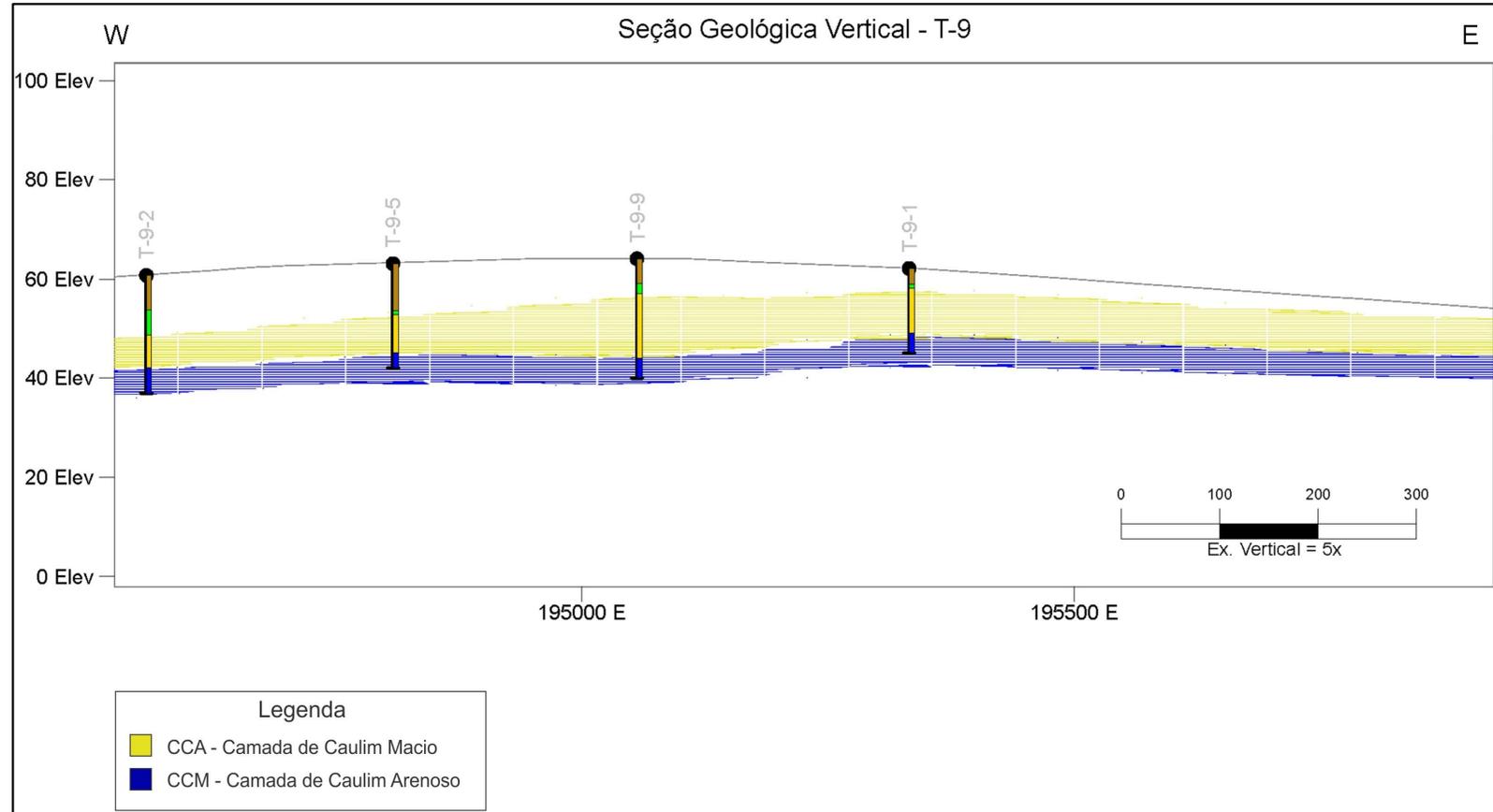
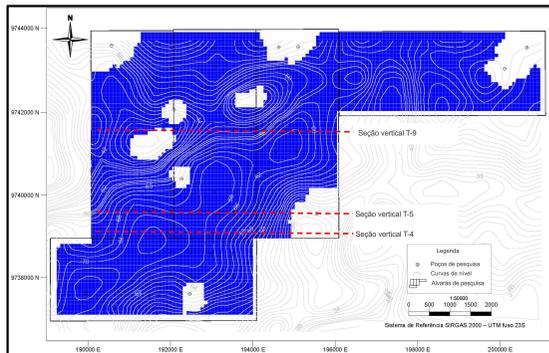
# Modelo de blocos

## Bloco Norte

### Camada de Caulim Macio

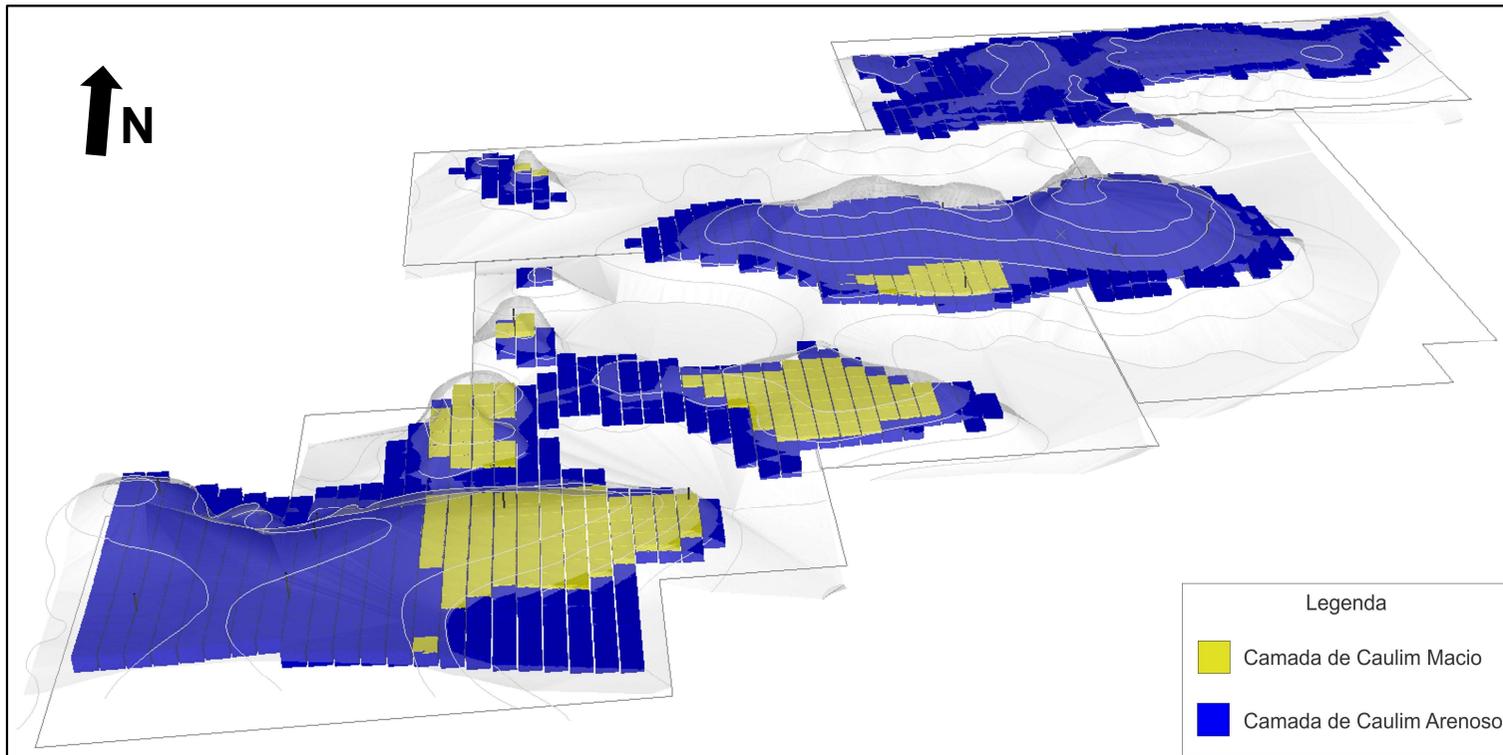


### Camada de Caulim Arenoso



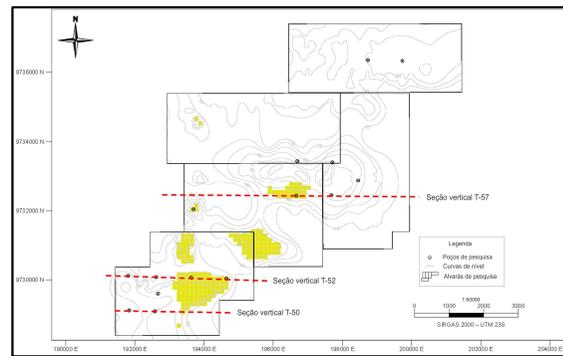
# Modelo de blocos

Bloco Sul

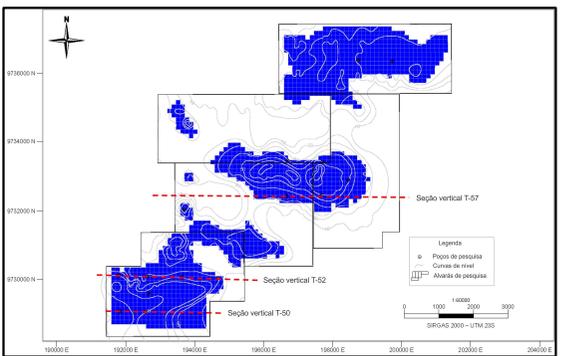


Bloco	Eixos	Tamanho do Bloco	Tamanho de Sub-blocos	Origem UTM	Número de Blocos	Rotação
Sul	X	250	125	190.831	47	0
	Y	250	125	9.727.849	42	0
	Z	0.5	0.01	-200	804	0

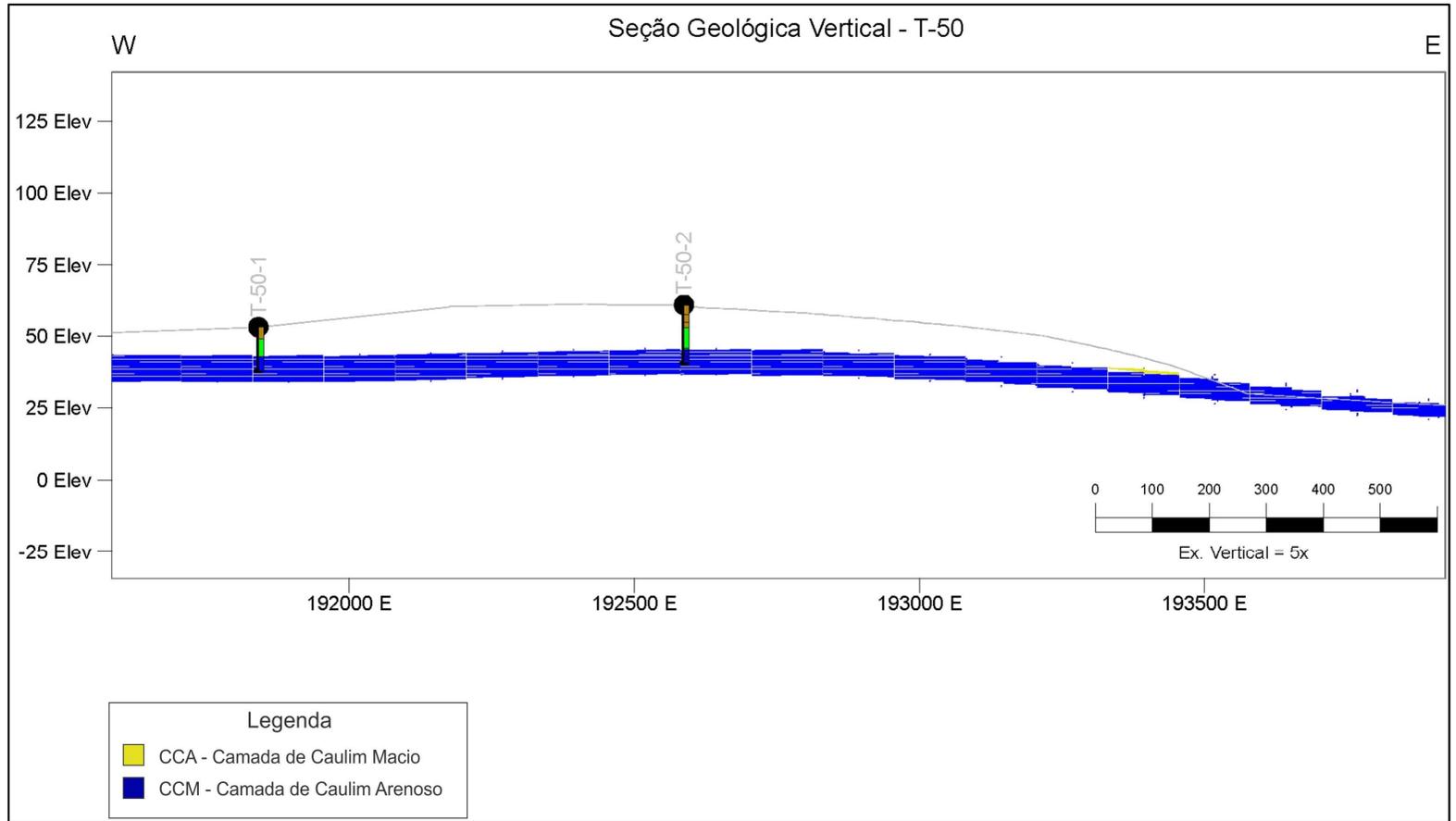
### Camada de Caulim Macio



### Camada de Caulim Arenoso



### Seção Geológica Vertical - T-50



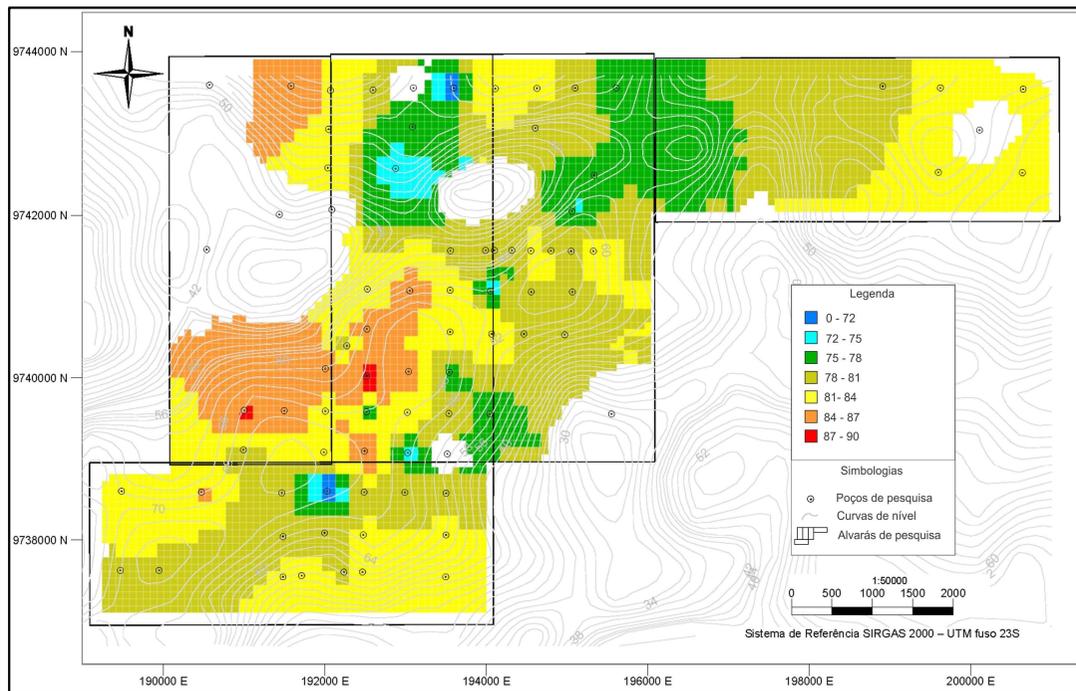
# Estimativa de Recursos

## Parâmetros utilizados

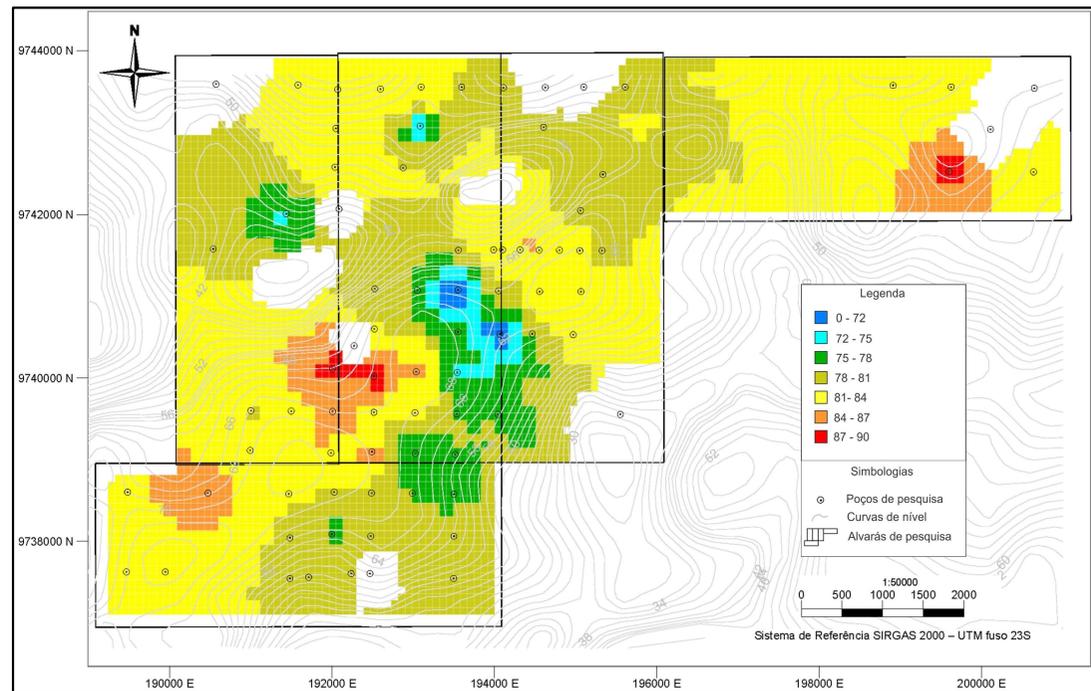
- **Método de estimativa: IQD** (inverso do quadrado da distância);
- **Parâmetro estimado: Alvura**
- Tendo em vista a impossibilidade de se realizar ensaios de densidade em função da ausência de material amostrado, neste estudo foram adotados valores de densidades de acordo com referências fornecidas pela Imerys Capim SA.
- **Densidade Caulim Macio = 1,55**
- **Densidade Caulim Arenoso = 1,64**
- **Suporte amostral regularizado em 1m** dentro dos corpos de minério.

	<b>Critérios</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>Bloco Norte</b>	Mínimo de amostras por bloco	1	1	1
	Máximo de amostras por bloco	20	20	20
	Número mínimo de furos	1	1	1
	Dimensões maior, média e menor do elipsóide de busca (m)	25x25x5	50x50x10	5000x5000x1000
<b>Bloco Sul</b>	Mínimo de amostras por bloco	1	1	1
	Máximo de amostras por bloco	20	20	20
	Número mínimo de furos	1	1	1
	Dimensões maior, média e menor do elipsóide de busca (m)	25x25x5	50x50x10	20000x20000x4000

### Camada de Caulim Macio

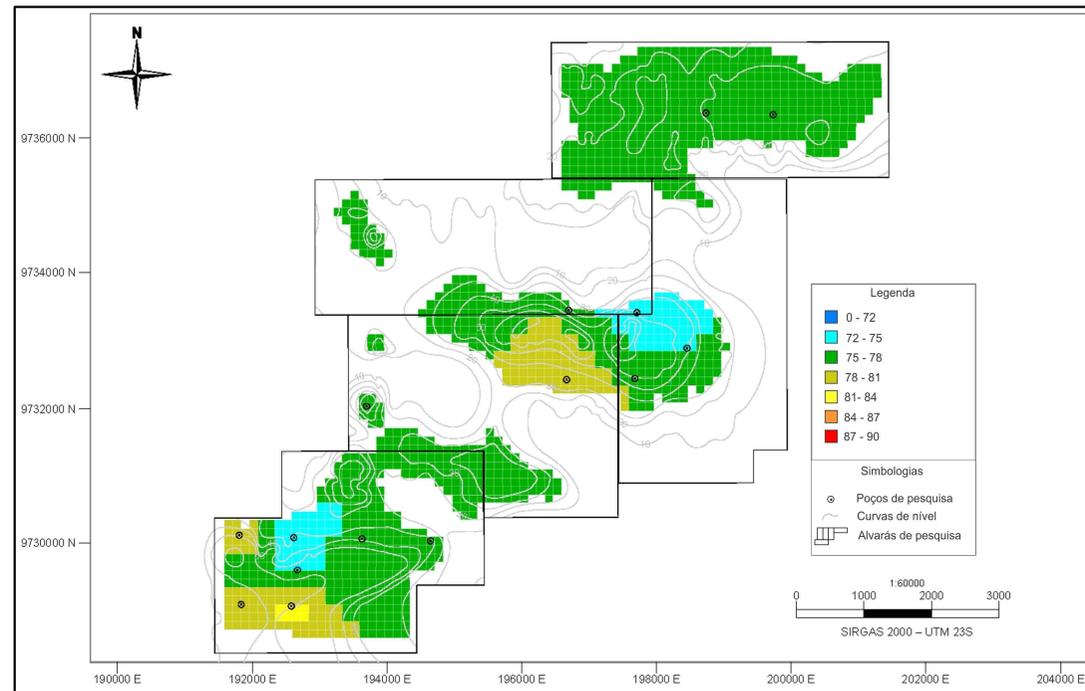
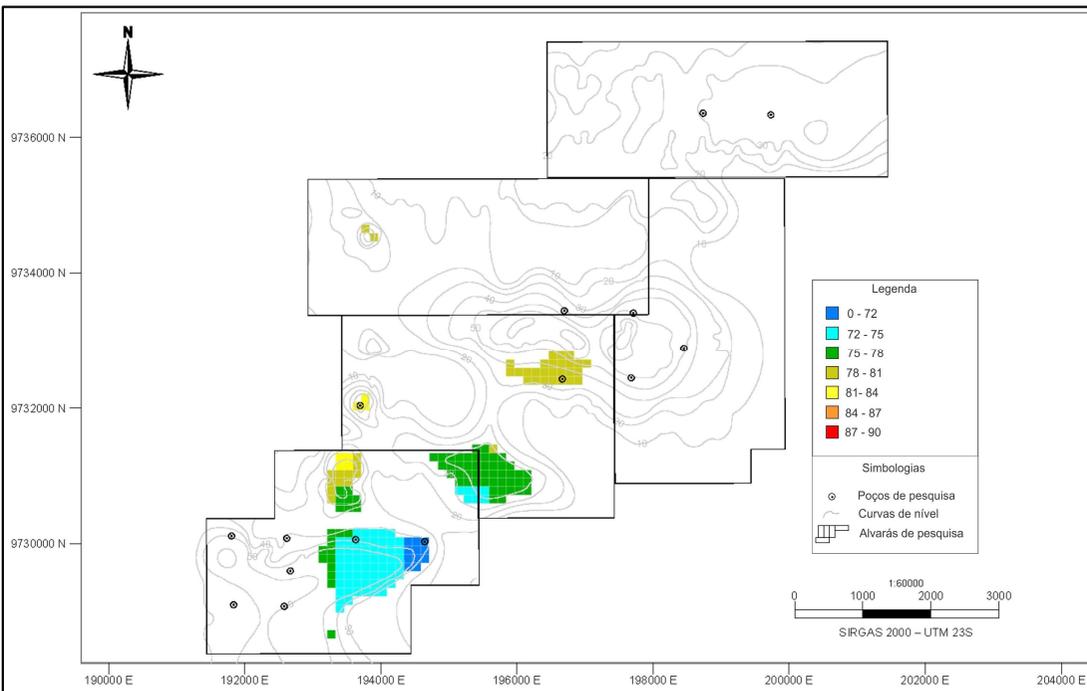


### Camada de Caulim Arenoso



### Camada de Caulim Macio

### Camada de Caulim Arenoso





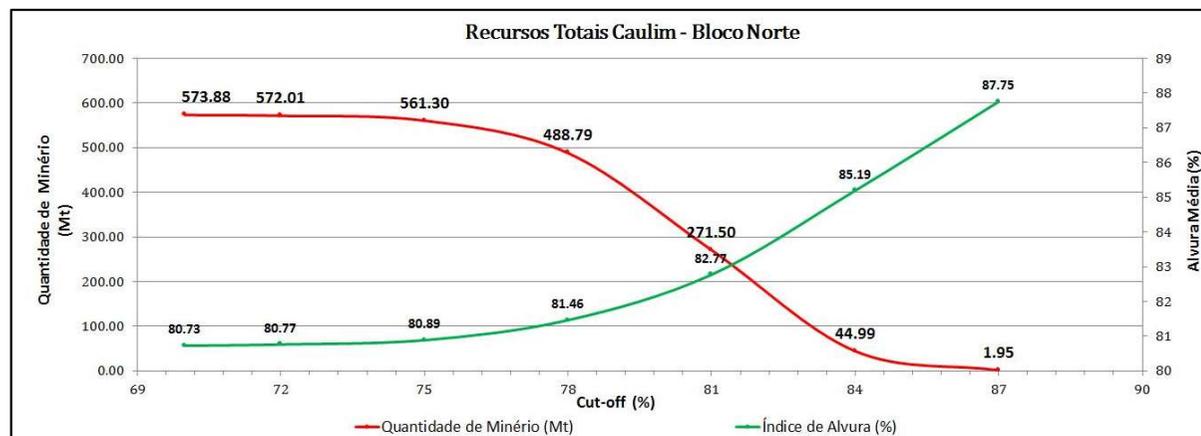
## Parametrização de Recursos

- Os recursos estimados foram parametrizados de acordo com as categorias:
  - **Tonelagem x Alvura média;**
  - **Tonelagem x Espessura de caulim;**
  - **Tonelagem x Espessura de capeamento.**
  
- A parametrização de cada categoria foi realizada da seguinte maneira:
  - Cada tipo de minério em cada um dos dois blocos;
  - Recursos totais de cada bloco;
  - Recursos totais de todo depósito.

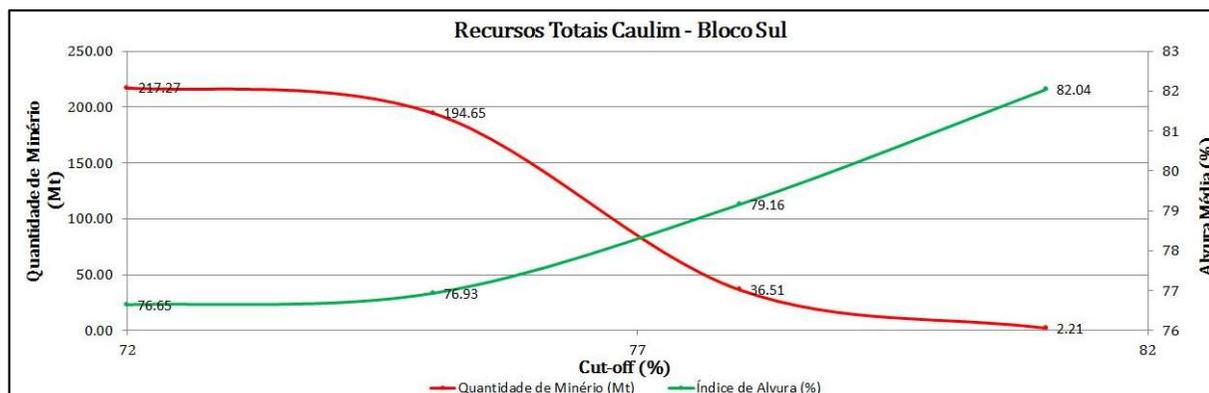
# Parametrização de Recursos

Tonelagem x Alvura média

Alvura média  
Bloco Norte = 80,94%

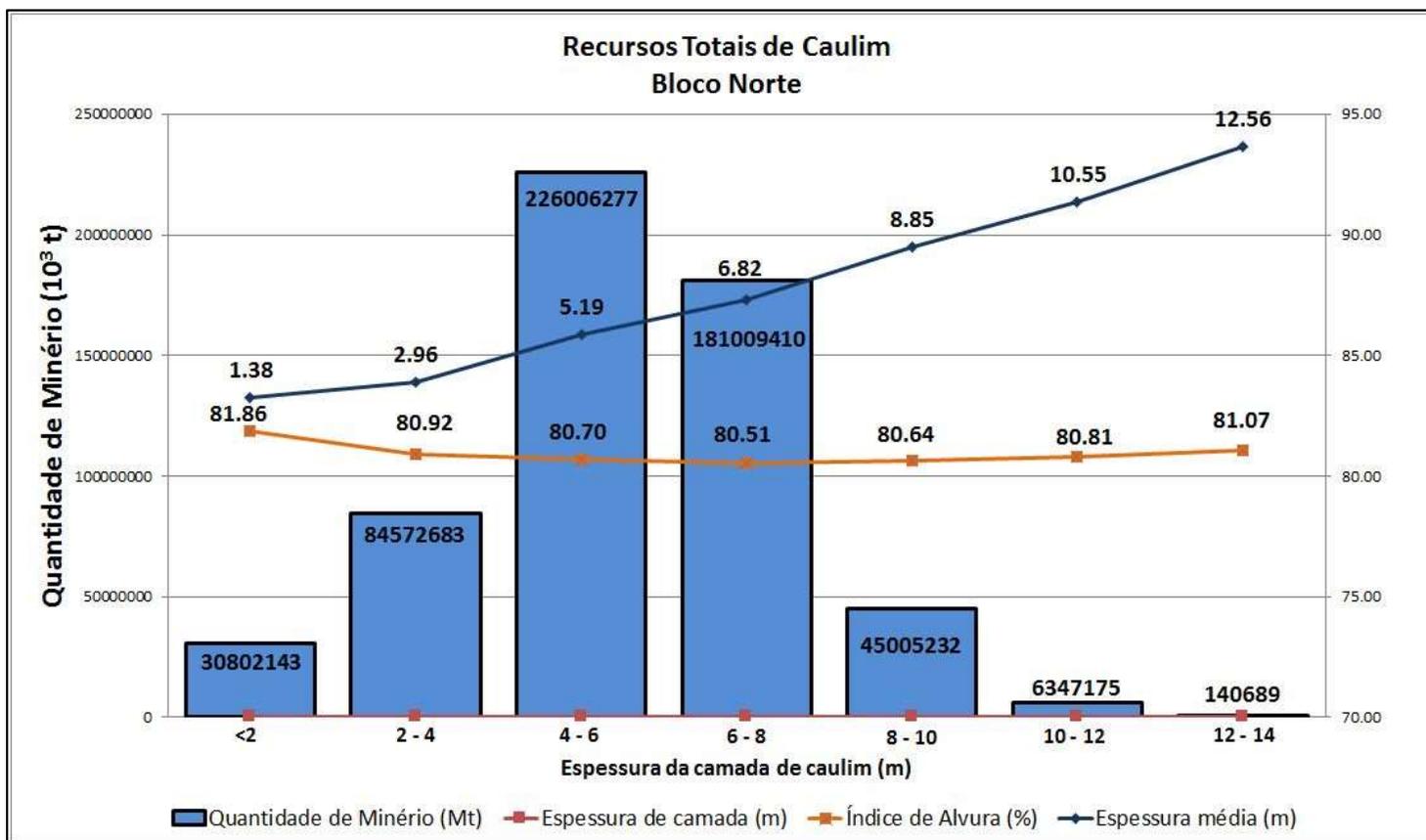


Alvura média  
Bloco Sul = 76,62%



# Parametrização de Recursos

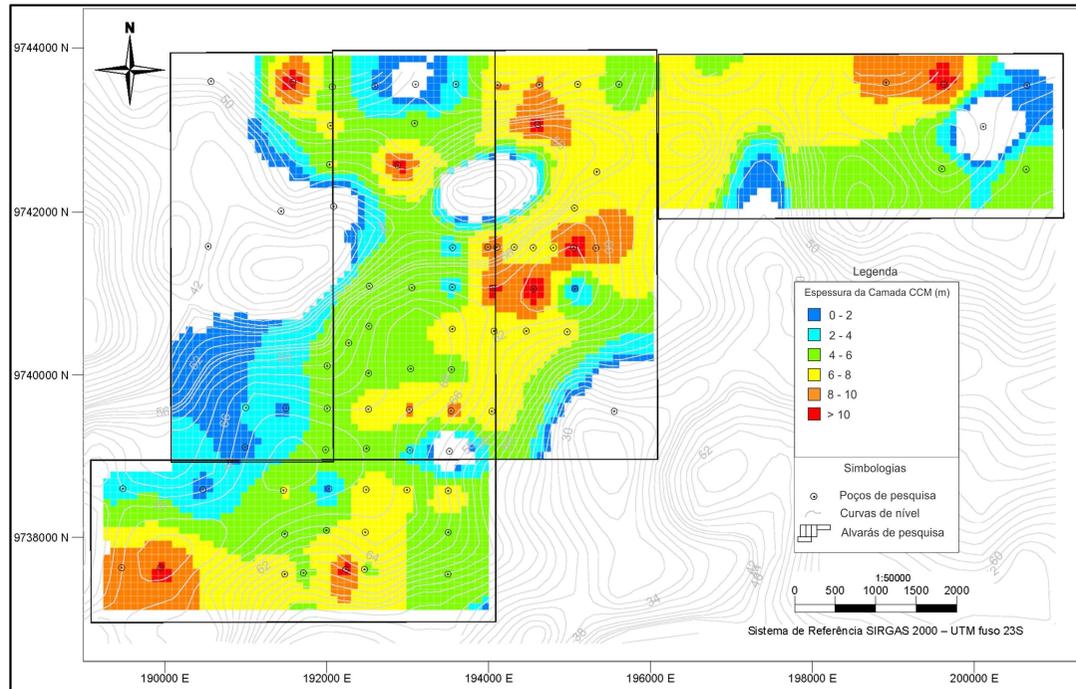
Tonelagem x Espessura de caulim – Bloco Norte



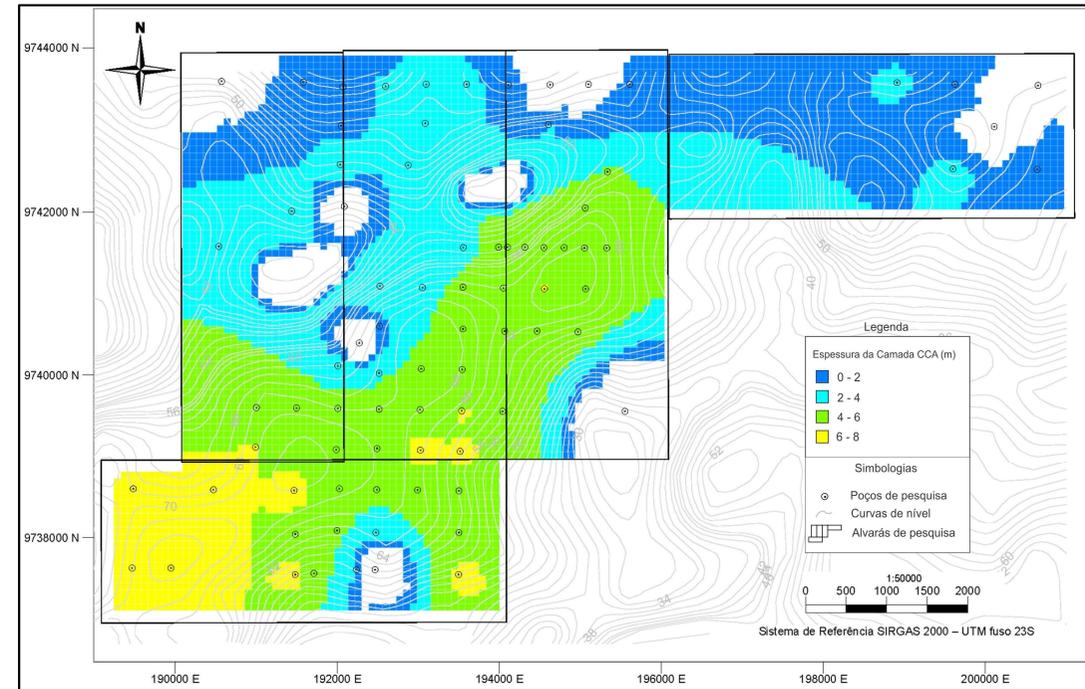
# Parametrização de Recursos

## Mapa de espessuras de caulim – Bloco Norte

### Camada de Caulim Macio

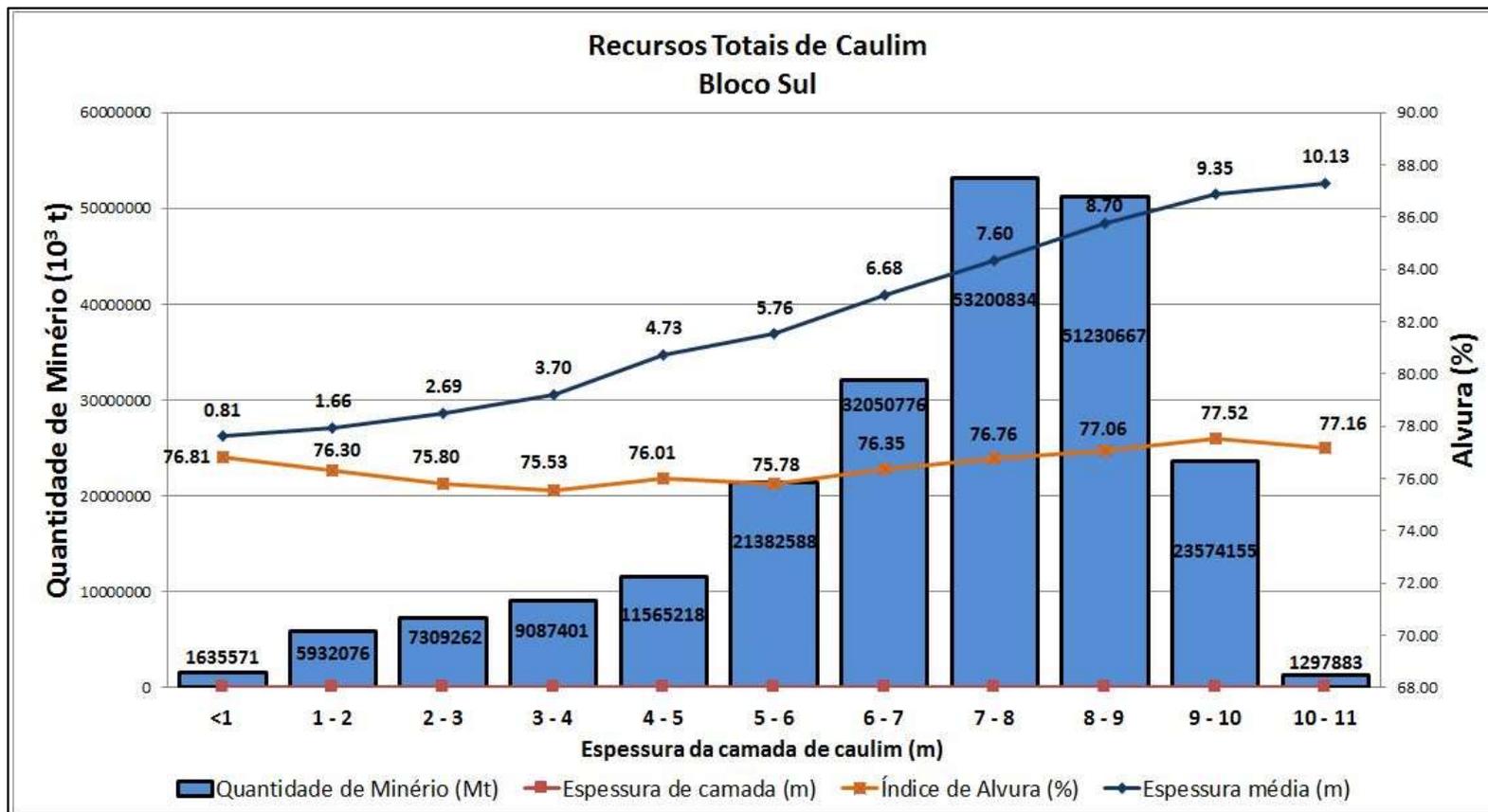


### Camada de Caulim Arenoso



# Parametrização de Recursos

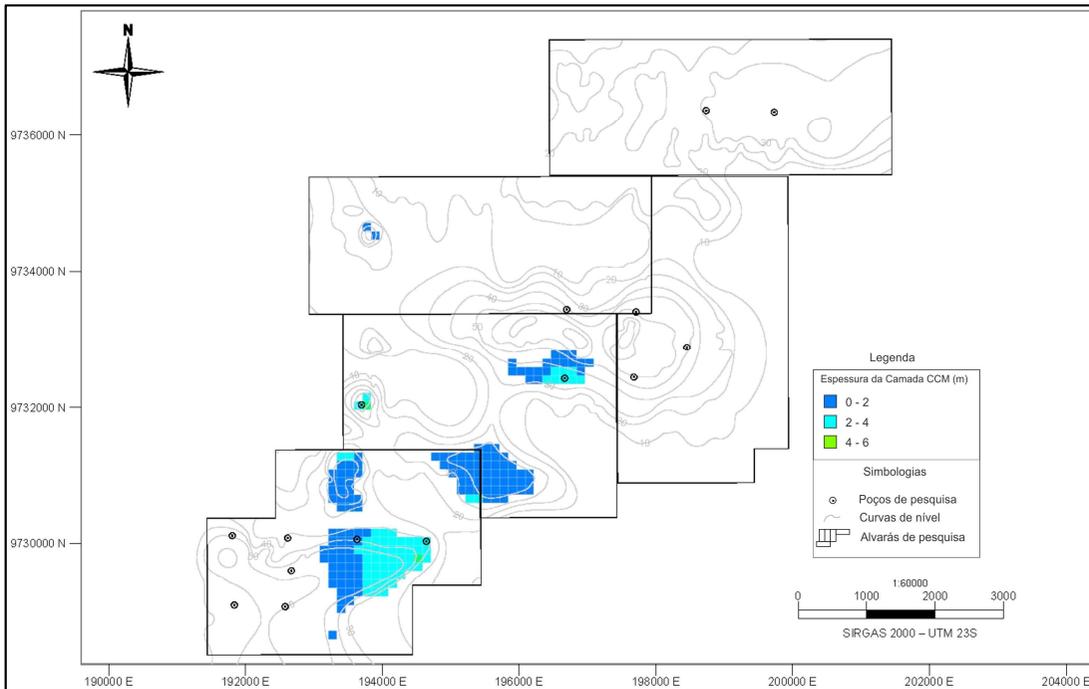
Tonelagem x Espessura de caulim – Bloco Sul



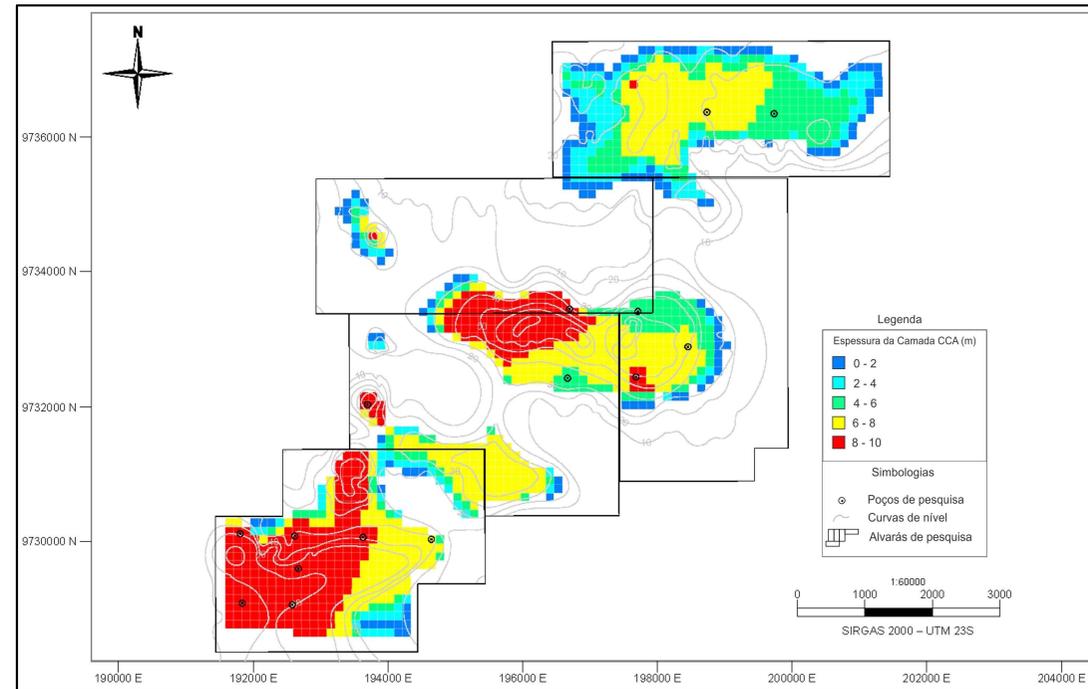
# Parametrização de Recursos

## Mapas de espessuras de caulim – Bloco Sul

### Camada de Caulim Macio

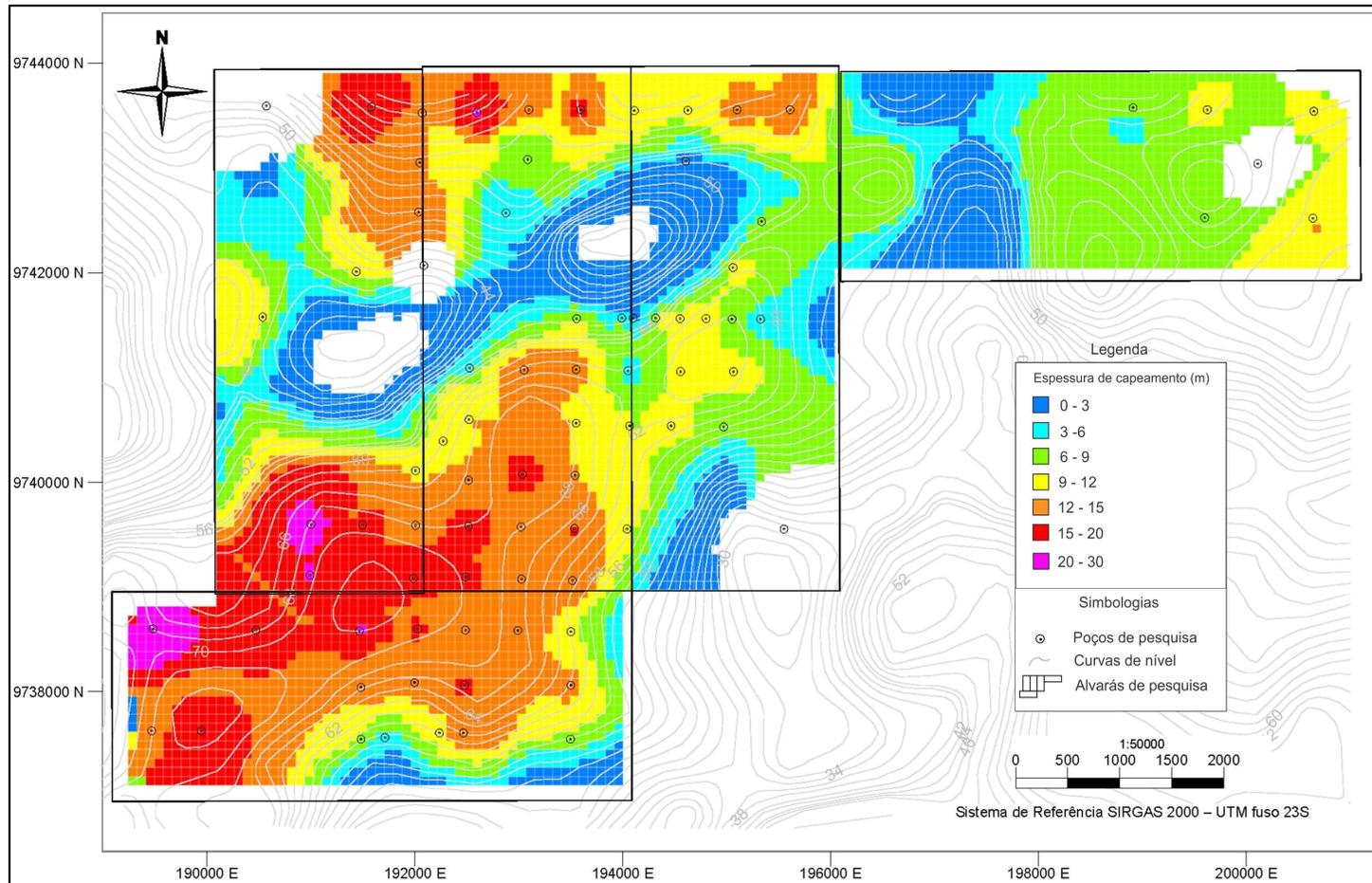


### Camada de Caulim Arenoso



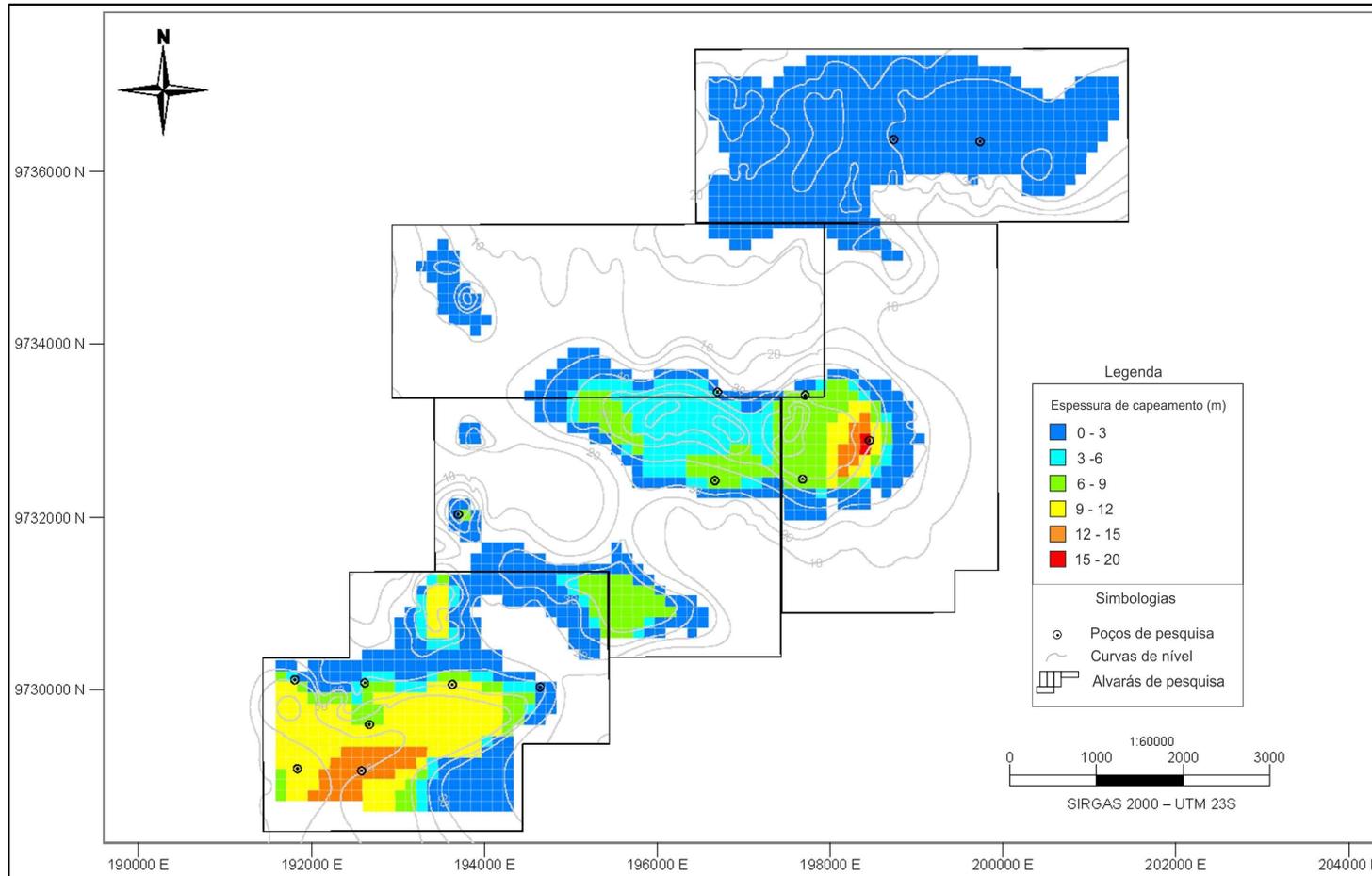
# Parametrização de Recursos

## Mapa de espessuras de capeamento – Bloco Norte



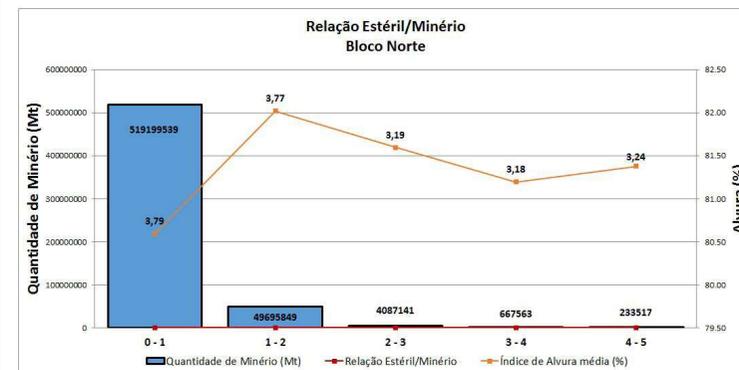
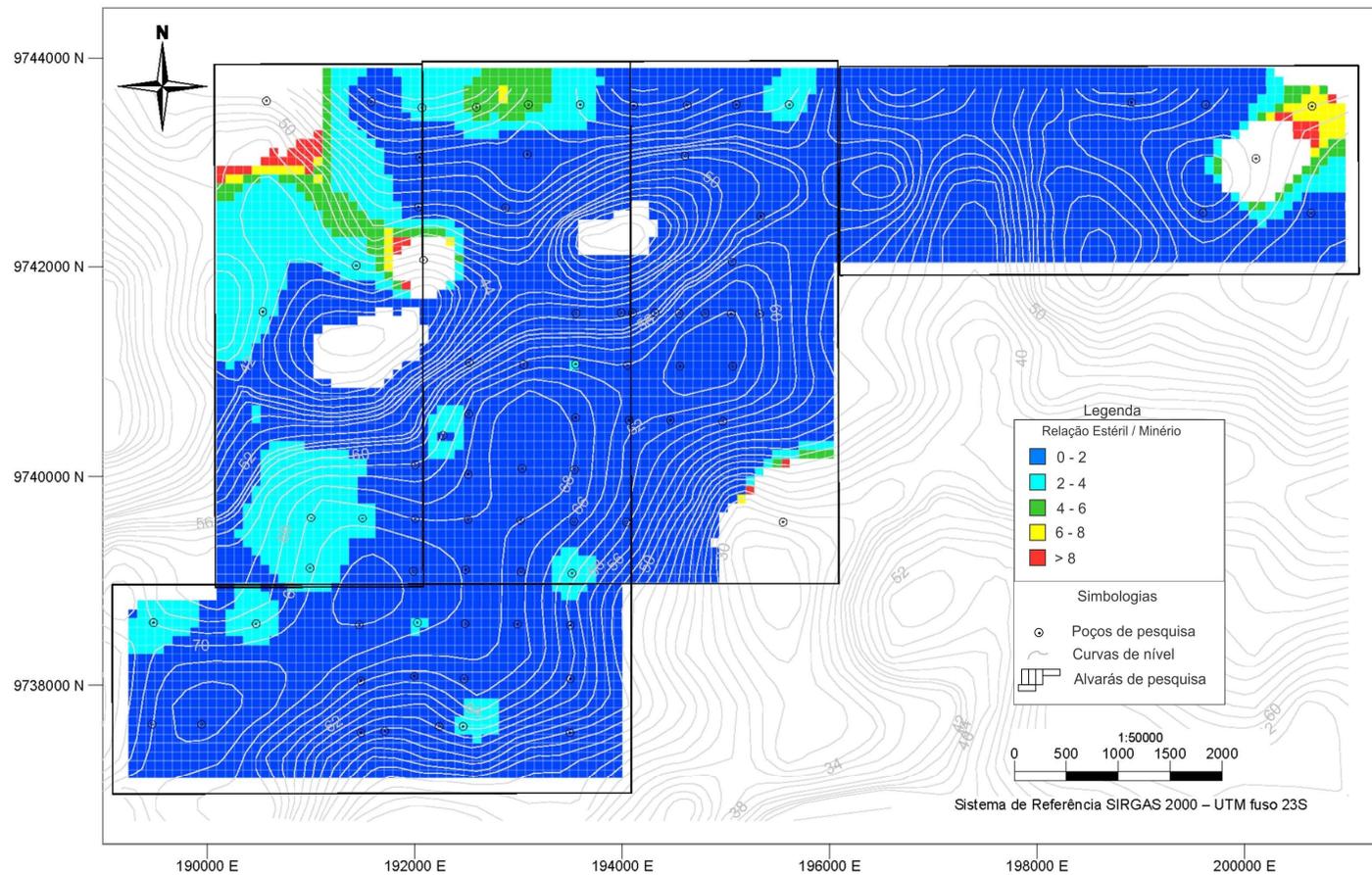
# Parametrização de Recursos

## Mapa de espessuras de capeamento – Bloco Sul



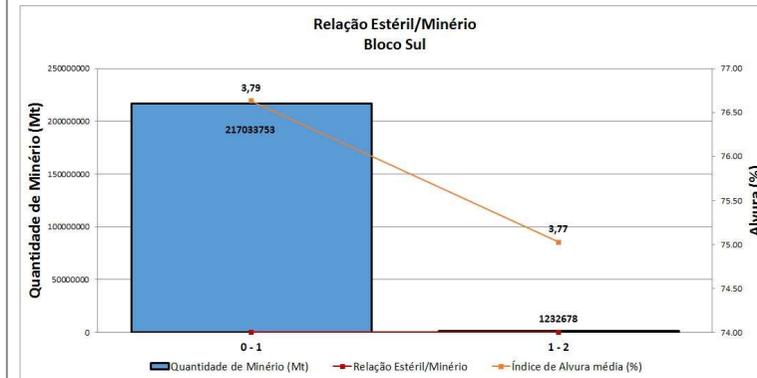
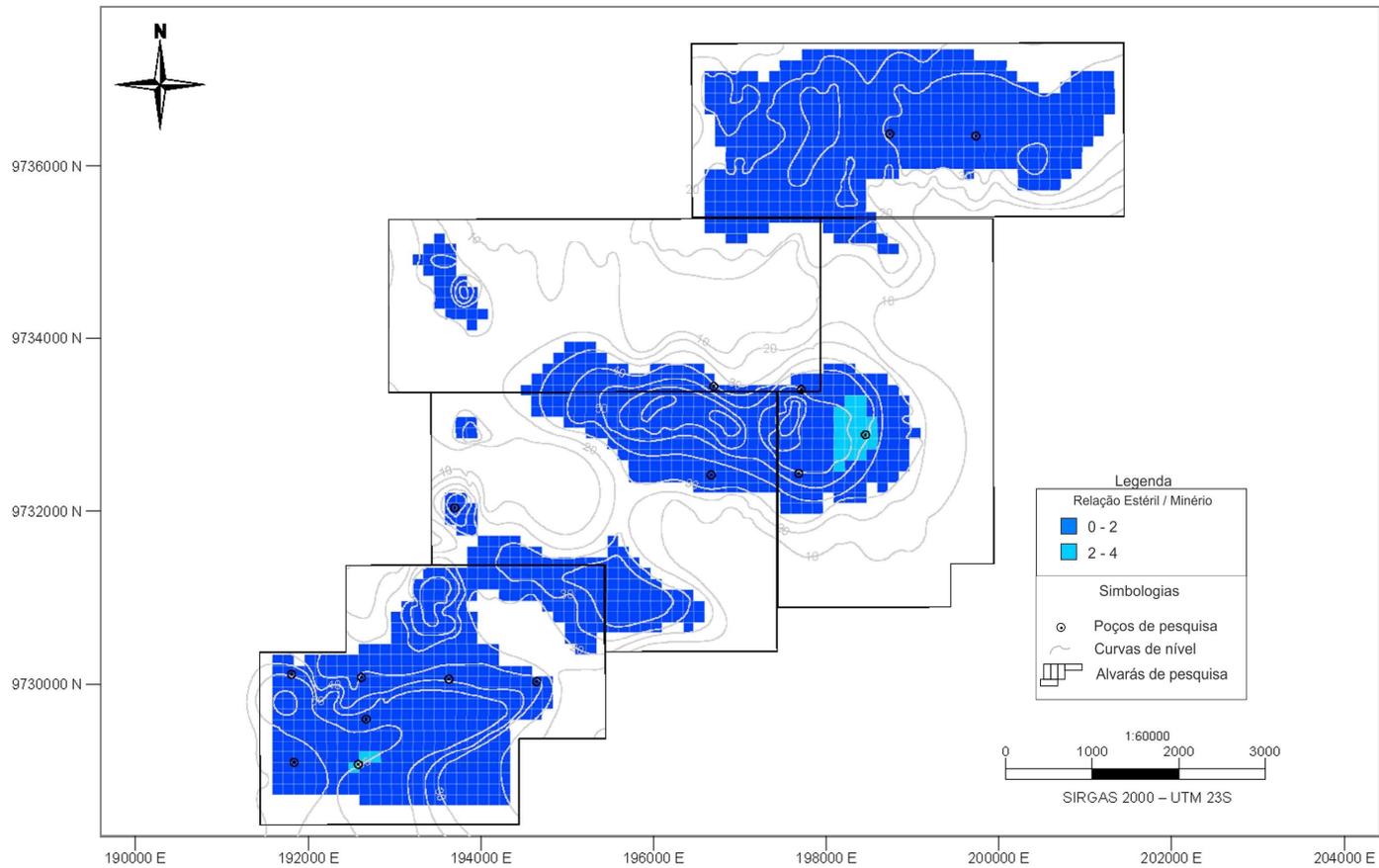
# Relação Estéril/Minério

Bloco Norte

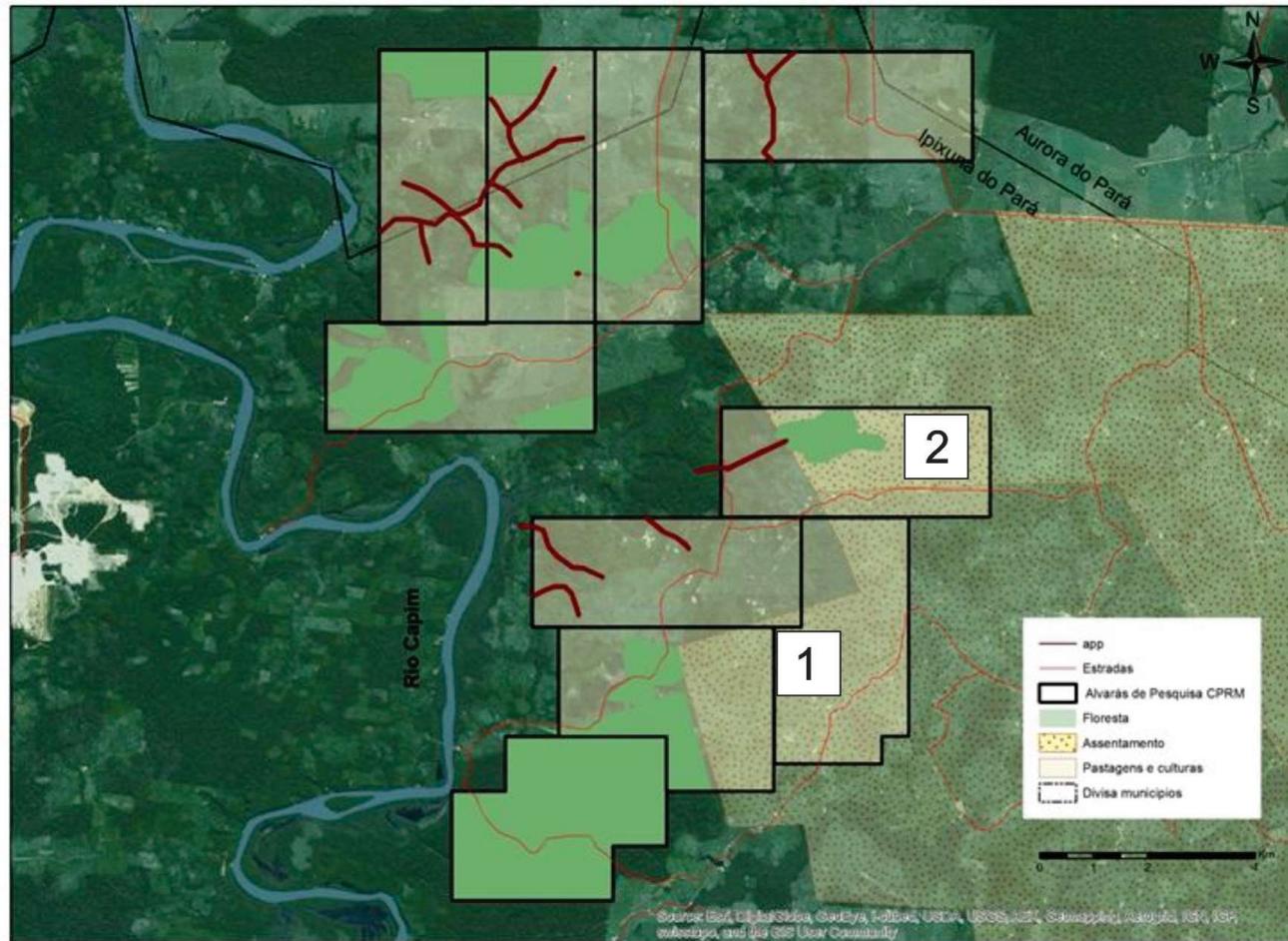


# Relação Estéril/Minério

Bloco Sul



## Aspectos Socioambientais



Não foram constatados impedimentos ou restrições socioambientais significativas que prejudiquem o aproveitamento mineral o depósito.



# Quadro de Recursos

Quadro de Recursos - Proj. Rio Capim - Tipos de Minério											
Bloco	Tipo de minério	Classificação	Volume	Densidade	Tonelagem Bruta	Índice de Alvura crua média (%)	Esp. média minério (m)	Rel. Est/Min média	Rendimento - 325#	Q (Mt) - Recuperação Lavra	REM - Beneficiamento
Norte	CCM	Inferido	214027874.8	1.55	331743206	80.81	11.84	1.024	66.16	219482518	3.41
	CCA	Inferido	147646587.1	1.64	242140403	81.12	4.49	1.19	63.92	154772012	3.48
<b>Subtotal</b>	<b>CCM + CCA</b>	<b>Inferido</b>	<b>361674461.84</b>	<b>1.59</b>	<b>573883609</b>	<b>80.94</b>	<b>8.74</b>	<b>1.10</b>	<b>65.21</b>	<b>374254530</b>	<b>3.44</b>
Sul	CCM	Inferido	4995768.159	1.55	7743441	76.60	2.27	0.69	66.49	5148785	1.55
	CCA	Inferido	128367677.2	1.64	210522991	76.62	7.23	0.527	66.66	140342303	1.29
<b>Subtotal</b>	<b>CCM + CCA</b>	<b>Inferido</b>	<b>133363445.33</b>	<b>1.64</b>	<b>218266431</b>	<b>76.62</b>	<b>7.05</b>	<b>0.53</b>	<b>66.66</b>	<b>145491088</b>	<b>1.30</b>
<b>Recurso Inferido Total</b>			<b>495037907.17</b>	<b>1.60</b>	<b>792 150 040</b>	<b>79.73</b>	<b>8.27</b>	<b>0.94</b>	<b>65.61</b>	<b>519 745 619</b>	<b>2.84</b>

\* Os recursos reportados neste relatório foram classificados em sua totalidade como **Recursos Inferidos** em função da impossibilidade de atendimento aos requisitos mínimos exigidos pelos códigos internacionais para classificação de recursos.



Grande volume de minério caulínítico com alto índice de alvura  
Excelente relação estéril/minério (valores em torno de 1)

#### BLOCO NORTE

##### CCM

Alvura media = 80,8%  
Espessura = 11,8m  
Rendimento medio = 75,4%

##### CCA

Alvura media = 81,12%  
Espessura = 4,49m  
Rendimento medio = 47,5%

TOTAL = 361,674 MT  
Alvura = 80,9%  
Espessura media = 8,74m  
REM = 1,10

#### BLOCO SUL

##### CCM

Alvura media = 76,60%  
Espessura = 2,27m  
Rendimento medio = 74,5%

##### CCA

Alvura media = 76,62%  
Espessura = 7,23m  
Rendimento medio = 62,76%

TOTAL = 218,266 Mt  
Alvura = 76,62%  
Espessura media = 7m  
REM = 0,53

#### TOTAL

792,150 MT  
Alvura 79,73  
Espessura = 8,27

O recurso foi classificado como inferido e considerando os códigos internacionais, não há a qualificação de reservas prováveis ou provadas. Portanto o material aproveitado no plano de lavra é denominado Inventário Mineral. O inventário mineral é o resultado da combinação dos blocos cujo somatório do valor da função benefício seja maior que zero e que tenha alvura maior ou igual a 84.0%, considerando os parâmetros econômicos a serem descritos.

### Inventário Mineral

Classe de Material	Volume (m <sup>3</sup> )	Massa (t)	Alvura (%)	REM
<b>Bloco Norte</b>				
<b>Estéril</b>	-	<b>58 343 486</b>	-	-
<b>Minério</b>	<b>23 132 741</b>	<b>36 735 014</b>	<b>85.01</b>	<b>1.78</b>
CCA	9 769 615	15 613 489	84.81	1.77
CCM1	13 363 126	21 121 525	85.16	1.78
<b>Bloco Sul</b>				
-	-	-	-	-
<b>Total Geral</b>	<b>23 132 741</b>	<b>95 078 500</b>	<b>85.01</b>	<b>1.78</b>

Fonte: Avaliação econômica do Projeto Rio Capim  
Saga Consultoria, set 2020.

## Sequenciamento de Lavra

O estudo de sequenciamento foi realizado considerando os parâmetros estabelecidos de produtos e procurando atingir menores REM (Relação Estéril-Minério) no início da lavra, o que maximiza os resultados financeiros do projeto.

Os parâmetros considerados foram:

1. Método: Lavra em tiras;
2. Produção de 1.36Mt de ROM;
3. Recuperação na lavra: 100%;
4. Recuperação na planta: 55.15%
5. 20 anos de lavra;

### Resultado Geral (ano 01 a 20)

Rótulos de Linha	Volume (m <sup>3</sup> )	Massa (t)	Alvura	REM
<b>Estéril</b>		<b>43 797 491</b>	-	-
<b>Minério</b>	<b>17 424 336</b>	<b>27 584 616</b>	<b>85.11</b>	<b>1.54</b>
CCA	6 409 962	10 194 634	84.97	1.41
CCM1	11 014 374	17 389 982	85.20	1.62
<b>Total Geral</b>	<b>17 424 336</b>	<b>71 382 107</b>	<b>85.11</b>	<b>1.54</b>

Fonte: Avaliação econômica do Projeto Rio Capim  
Saga Consultoria, set 2020.



## Cenário Hipotético de Venda Direta

Os seguintes dados e parâmetros foram adotados para a elaboração do fluxo de caixa do projeto:

1. Produção Anual Produtos Finais: 750 mil t/ano de produtos finais;
2. Número de Anos de Produção: 20
3. Relação Estéril/Minério Anual: variável, com uma média de 1,59 t/t;
4. Movimentação Anual da Mina: variável, como resultado do planejamento sequencial de lavra;
5. Recuperações de Produtos na Planta: 55,15%.

### Indicadores econômicos resultantes do fluxo de caixa

Taxa de Desconto	<i>% ao ano</i>	8	
VPL Após Impostos (ano -2)		<i>R\$ milhões</i>	<b>760.88</b>
Taxa Interna de Retorno		%	<b>12.5</b>
Período de Retorno do Capital		<i>Anos</i>	<b>6.4</b>

Fonte: Avaliação econômica do Projeto Rio Capim  
Saga Consultoria, set 2020.



## Modelo de Negócio (Leilão)

Bônus de Assinatura, no valor de R\$ 500.000,00 (quinhentos mil reais), a ser pago como condição prévia para a celebração do Contrato de Promessa de Cessão de Direitos Minerários;

Prêmio de Oportunidade I, no valor de R\$ 2,5 milhões, a ser pago como condição prévia para a celebração do instrumento particular de cessão de direito minerário;

Prêmio de Oportunidade II, no valor de R\$ 7 milhões, a ser pago em até dez dias úteis contados da publicação da primeira concessão de lavra no Diário Oficial da União;

Royalty sobre a receita bruta mensal dos minérios explorados, com percentual mínimo de 1% (um por cento), a ser pago trimestralmente e reajustado periodicamente conforme termos e condições do Contrato de Promessa de Cessão de Direitos Minerários;

Fonte: ???? Quem definiu



**OBRIGADO**



MINISTÉRIO DE  
MINAS E ENERGIA

