

Série dos Seminários de Acompanhamento à Pesquisa

DEI
DEPARTAMENTO
DE ENGENHARIA
INDUSTRIAL

Número 32 | 11 2021

Estratégia ótima para leilão de exploração de petróleo e gás natural

Autora:

Fernanda Silva Nucci



Série dos Seminários de Acompanhamento à Pesquisa

Número 32 | 11 2021

Estratégia ótima para leilão de exploração de petróleo e gás natural

Autora:

Fernanda Silva Nucci

Orientador: Bruno Fânzeres dos Santos

CRÉDITOS:

SISTEMA MAXWELL / LAMBDA
<https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/>

Organizadores: Fernanda Baião / Soraida Aguilar

Layout da Capa: Aline Magalhães dos Santos

- **Formação: Eng. De Produção Elétrica (2006) – PUC-RIO**

- **Pós-Graduação: Eng. De Petróleo (2015) – PUC-RIO**

- **Mestrado em Engenharia de Produção no DEI**

Cursando o 4º período (2020.1)

Orientador: Bruno Fânzeres dos Santos

Área de Concentração: Operações e Negócios em Engenharia

Linha de pesquisa: Gestão de Negócios

- **Experiência profissional: Empresa de Óleo e Gás**

SUMÁRIO

01

INTRODUÇÃO

Contextualização da indústria,
teoria de leilões e objetivos

02

DESAFIOS

Apresentação das incertezas e
modelagem do processo
decisório

03

PROBLEMA

Descrição do problema e
metodologia utilizada

04

ESTUDO DE CASO

Descrição dos parâmetros
do problema

05

RESULTADOS

Exposição dos resultados
obtidos do estudo de caso

06

DESAFIOS FUTUROS

Apresentação dos próximos
temas a serem abordados



1. INTRODUÇÃO

Indústria de Óleo e Gás

- ✓ Uma das maiores e mais complexas indústrias, com grande importância para economia mundial nas últimas décadas.
- ✓ Muitos produtos que utilizamos diariamente são compostos direta ou indiretamente de derivados de petróleo e gás além da maioria das indústrias como produção de eletricidade e transporte [6].

Classificação

1 *Upstream*: Exploração e Produção (E&P) de óleo;



Projetos de capital intensivo

2 *Midstream*: transporte e comercialização;



Uso de plataformas de produção

3 *Downstream*: processos de refino.



Alta complexidade nas operações

Riscos associados à produção

Em vários países, campo de petróleo é adquirido por meio de leilão

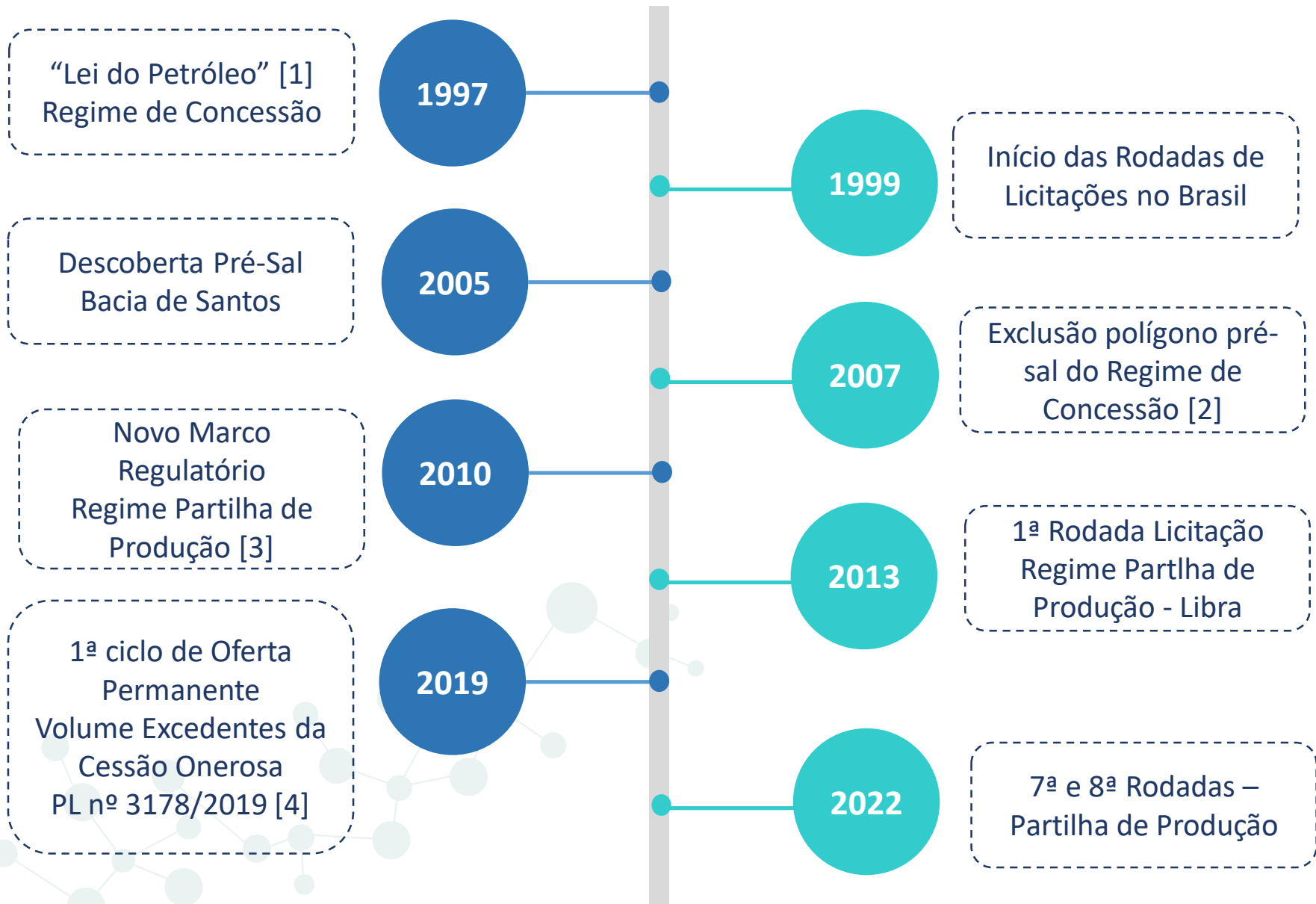
1. INTRODUÇÃO

Tipos de Leilão

- Abertos (lances públicos, oral ou não)
 - Preços ascendentes (inglês, o mais popular)
 - Preços descendentes (holandês)
- Selados
 - 1º preço, o mais alto lance ganha o bem e paga o seu bid. Ex.: leilões para exploração de petróleo.
 - 2º preço, o preço mais alto também ganha, mas o vencedor só paga o 2º maior bid. Ex: leilões do Google. [12]
- Objeto único ou múltiplos. Objetos podem ser **indivisíveis** (ex.: área mineral) ou divisíveis (ex.: leilão de lotes de energia; leilão de bonds do Tesouro).
- Simultâneos, sequenciais ou sequência de simultâneos. **Uma** ou múltiplas rodadas (ex.: telecomunicações)
- Leilão reverso (supply auction ou reverse auction): n fornecedores oferecem produtos a um comprador.
- **Leilão de demanda** (demand auction): n compradores dão lances em um produto que está sendo oferecido. É o tipo mais tradicional de leilão. [7]



1. INTRODUÇÃO



=

20	Rodadas de Concessão
06	Rodadas de Partilha de Produção

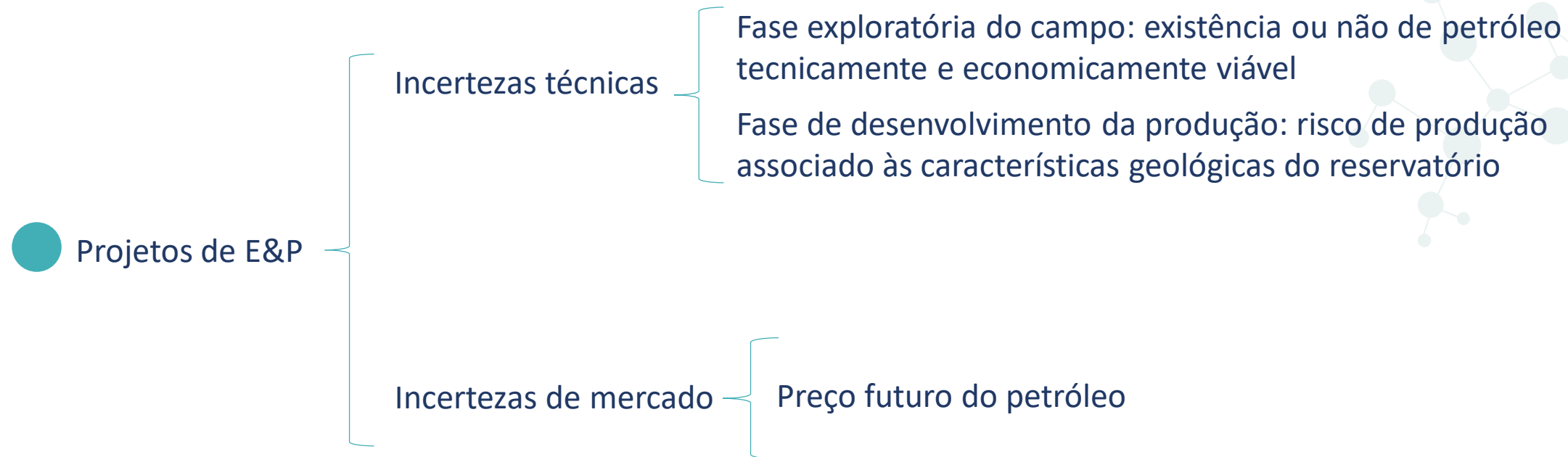
1. INTRODUÇÃO

Objetivo

Desenvolver uma metodologia para identificar a oferta ótima em um leilão de um campo de exploração de óleo e gás.

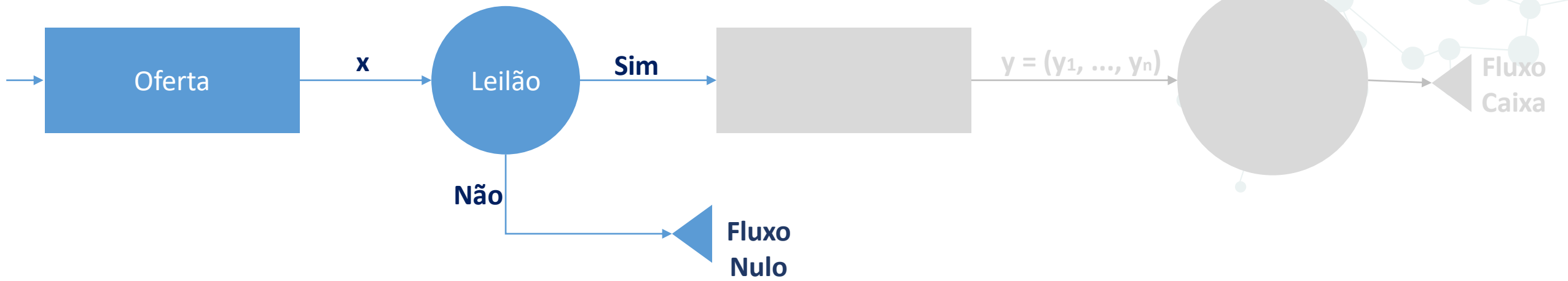


2. DESAFIOS

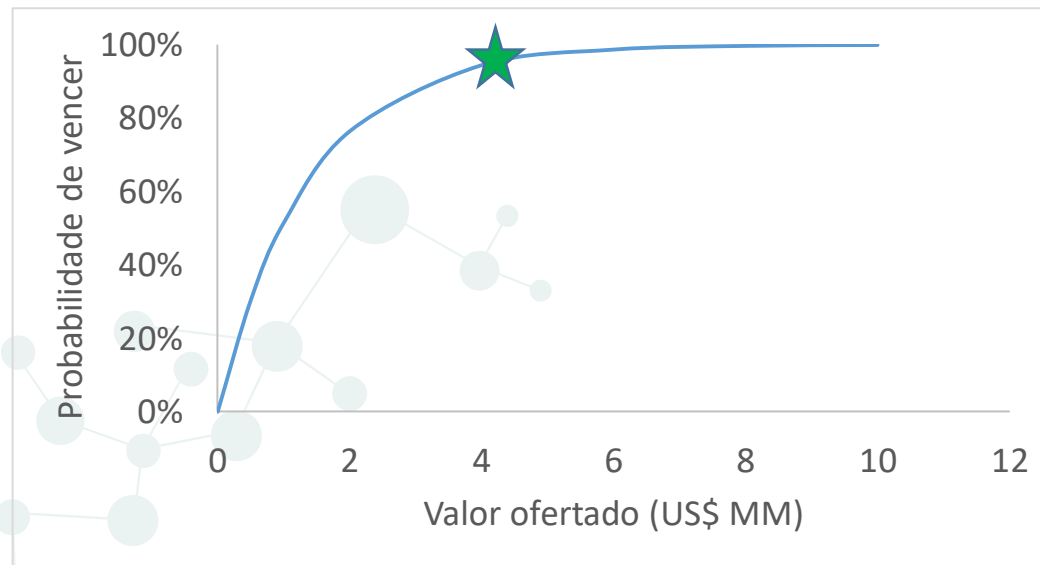


Modelagem do processo decisório

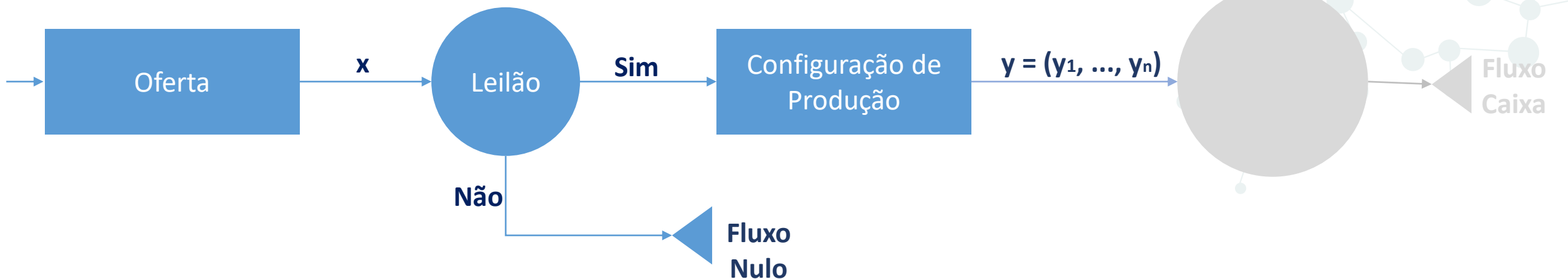
2. DESAFIOS



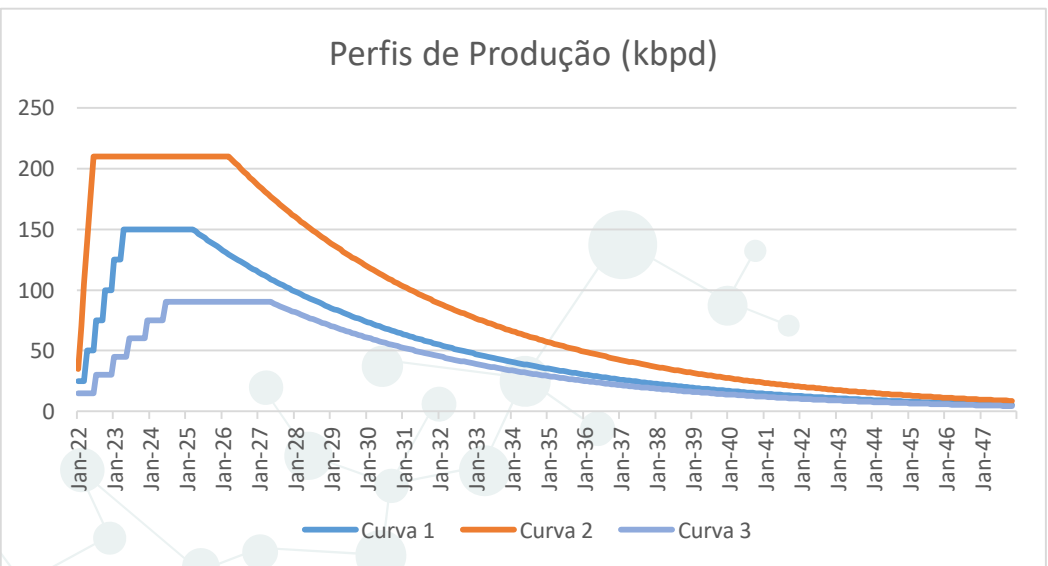
Escolha da Oferta



2. DESAFIOS

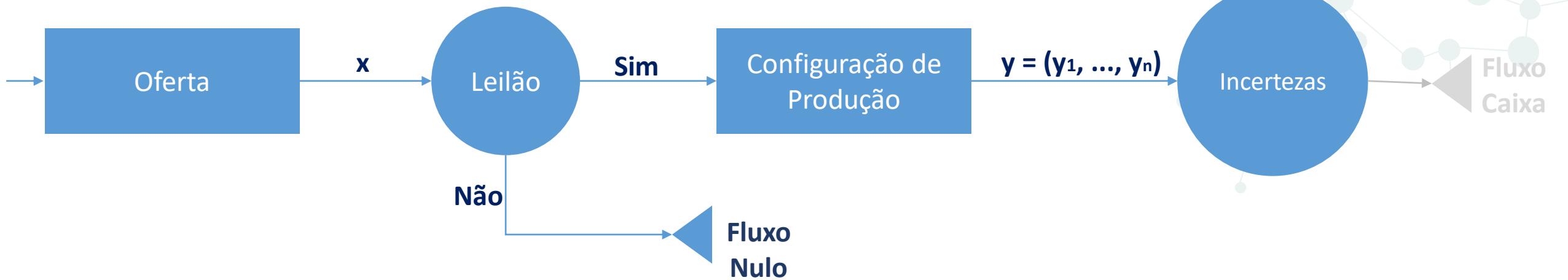


Configurações de Produção

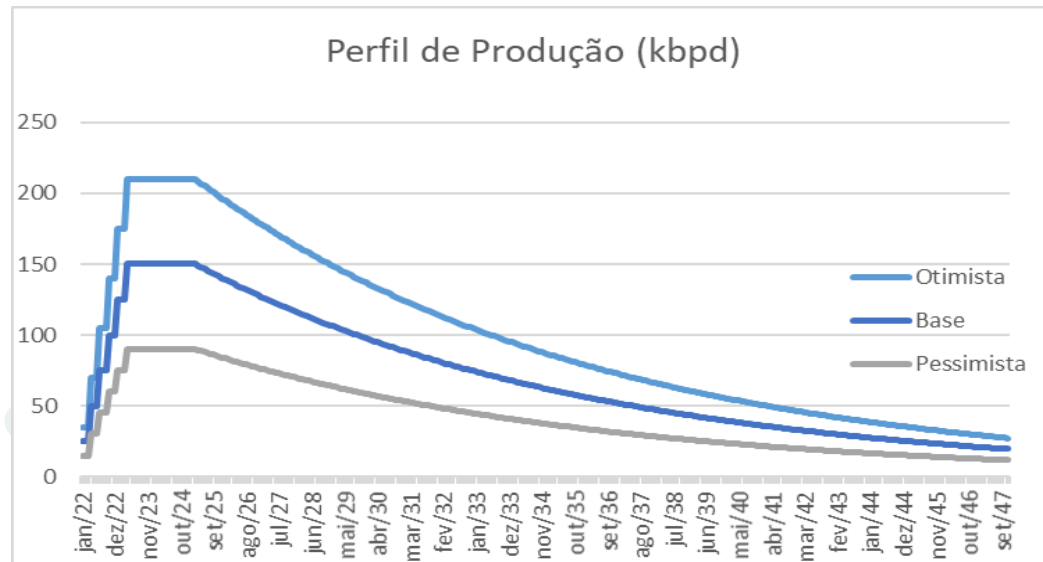


Curvas	Tempo no Platô	Entrada de poços	Produção por poço (kbpd)
1	2 anos	3 meses	25
2	4 anos	1 mês	35
3	3 anos	6 meses	15

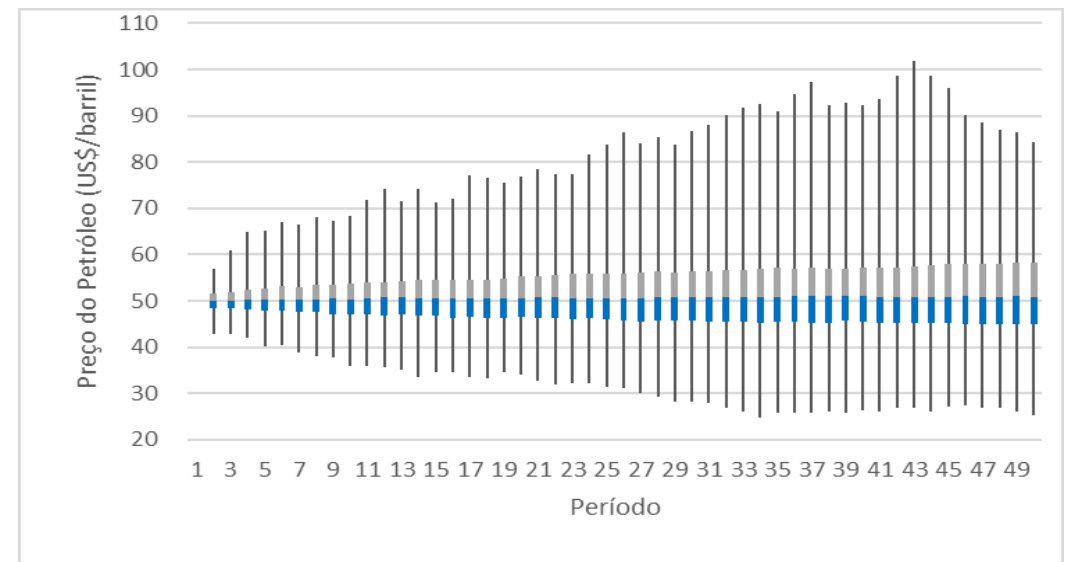
2. DESAFIOS



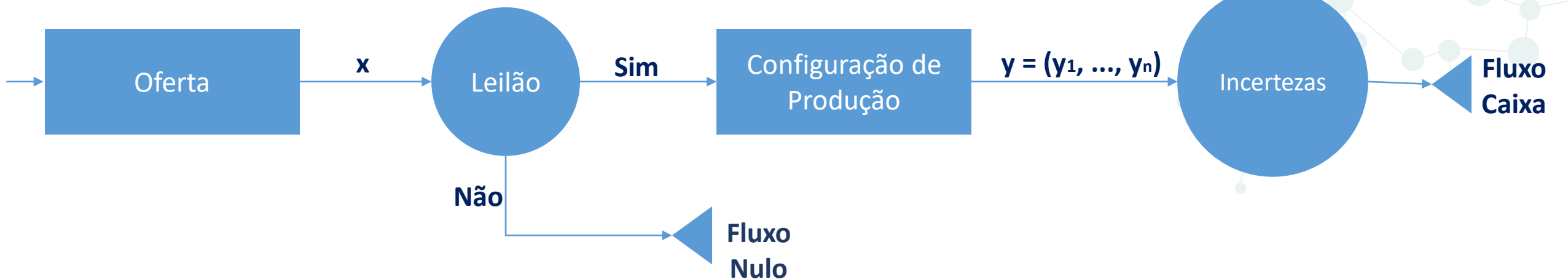
Incerteza técnica



Incerteza de mercado



2. DESAFIOS



Regime de Concessão

- + Receita bruta (óleo e gás)
- Royalties (10%)
- Custos Operacionais (OPEX)
- Participação Especial
- Imposto de Renda e CSLL (34%)
- Investimentos (CAPEX)
- = **Fluxo de Caixa Econômico Concessão**

Regime de Partilha de Produção

- + Receita bruta (óleo e gás)
- Royalties (15%)
- Custos Recuperados
- = Excedente em Óleo Total
- Excedente em Óleo União
- = Excedente em Óleo Cia
- Imposto de Renda e CSSL (34%)
- Custos Operacionais (OPEX)
- Investimentos (CAPEX)
- = **Fluxo de Caixa Econômico Partilha**

		Produção Média dos Poços Produtores (bbl/d)											
De	até	9.000	9.500	10.000	10.500	11.000	11.500	12.000,10	12.500	13.000	13.500	14.000	14.500
		9.500	10.000	10.500	11.000	11.500	12.000	12.500,00	13.000	13.500	14.000	14.500	15.000
0	5,00	-23.790pp	-21.3754pp	-19.1624pp	-17.1348pp	-15.2770pp	-13.5749pp	-12.0154pp	-10.5866pp	-9.2774pp	-8.0780pp	-6.9790pp	-5.9721pp
5,01	10,00	-21.8633pp	-19.5478pp	-17.4316pp	-15.4978pp	-13.7300pp	-12.1146pp	-10.6382pp	-9.2889pp	-8.0557pp	-6.9286pp	-5.8886pp	-4.9572pp
10,01	15,00	-20.0495pp	-17.8329pp	-15.8121pp	-13.9699pp	-12.2904pp	-10.7594pp	-9.3636pp	-8.0911pp	-6.9310pp	-5.8734pp	-4.9093pp	-4.0304pp
15,01	20,00	-18.3432pp	-16.2242pp	-14.2971pp	-12.5448pp	-10.9512pp	-9.5020pp	-8.1842pp	-6.9858pp	-5.8960pp	-4.9050pp	-4.0038pp	-3.1843pp
20,01	25,00	-16.7386pp	-14.7155pp	-12.8803pp	-11.2157pp	-9.7056pp	-8.3359pp	-7.0934pp	-5.9633pp	-4.9439pp	-4.0165pp	-3.1753pp	-2.4122pp
25,01	30,00	-15.2299pp	-13.3010pp	-11.5557pp	-9.9765pp	-8.5476pp	-7.2546pp	-6.0847pp	-5.0262pp	-4.0683pp	-3.2017pp	-2.4174pp	-1.7079pp
30,01	35,00	-13.8118pp	-11.9753pp	-10.3177pp	-8.8216pp	-7.4713pp	-6.2525pp	-5.1524pp	-4.1596pp	-3.2634pp	-2.4546pp	-1.7245pp	-1.0656pp
35,01	40,00	-12.4792pp	-10.7331pp	-9.1610pp	-7.7456pp	-6.4712pp	-5.3239pp	-4.2910pp	-3.3610pp	-2.5237pp	-1.7699pp	-1.0912pp	-0.4802pp
40,01	45,00	-11.2274pp	-9.5695pp	-8.0805pp	-6.7433pp	-5.5424pp	-4.4639pp	-3.4953pp	-2.6255pp	-1.8443pp	-1.1427pp	-0.5126pp	-0.0532pp
45,01	50,00	-10.0519pp	-8.4799pp	-7.0717pp	-5.8102pp	-4.6800pp	-3.6676pp	-2.7607pp	-1.9482pp	-1.2204pp	-0.5684pp	+0.0157pp	+0.5390pp
50,01	55,00	-8.9483pp	-7.4600pp	-6.1301pp	-4.9416pp	-3.8797pp	-2.9307pp	-2.0827pp	-1.3249pp	-0.6478pp	-0.0427pp	+0.4980pp	+0.9812pp
55,01	60,00	-7.9126pp	-6.5056pp	-5.2515pp	-4.1336pp	-3.1377pp	-2.2489pp	-1.4572pp	-0.7515pp	-0.1224pp	+0.4383pp	+0.9381pp	+1.3836pp
60,01	65,00	-6.9410pp	-5.6128pp	-4.4320pp	-3.3821pp	-2.4485pp	-1.6184pp	-0.8804pp	-0.2241pp	+0.3593pp	+0.8787pp	+1.3394pp	+1.7496pp
65,01	70,00	-6.0296pp	-4.7781pp	-3.6680pp	-2.6834pp	-1.8102pp	-1.0357pp	-0.3487pp	+0.2605pp	+0.8009pp	+1.2807pp	+1.7052pp	+2.0822pp
70,01	75,00	-5.1755pp	-3.9979pp	-2.9560pp	-2.0342pp	-1.2187pp	-0.4972pp	+0.1411pp	+0.7058pp	+1.2054pp	+1.6474pp	+2.0384pp	+2.3844pp
75,01	80,00	-4.3752pp	-3.2690pp	-2.2927pp	-1.4312pp	-0.6709pp	+0.0974pp	+0.5921pp	+1.1146pp	+1.5758pp	+1.9827pp	+2.3419pp	+2.6588pp
80,01	85,00	-3.6254pp	-2.5802pp	-1.6752pp	-0.8714pp	-0.1639pp	+0.4589pp	+1.0072pp	+1.4899pp	+1.9147pp	+2.2887pp	+2.6180pp	+2.9078pp
85,01	90,00	-2.9234pp	-1.9527pp	-1.1004pp	-0.3519pp	+0.3053pp	+0.8823pp	+1.3891pp	+1.8340pp	+2.2247pp	+2.5678pp	+2.8691pp	+3.1336pp
90,01	95,00	-2.2663pp	-1.3597pp	-0.5657pp	+0.1299pp	+0.7391pp	+1.2727pp	+1.7401pp	+2.1495pp	+2.5081pp	+2.8222pp	+3.0973pp	+3.3383pp
95,01	100,00	-1.6517pp	-0.8060pp	-0.0685pp	+0.5765pp	+1.1400pp	+1.6324pp	+2.0626pp	+2.4385pp	+2.7669pp	+3.0539pp	+3.3046pp	+3.5236pp
100,01	105,00	-1.0770pp	-0.2913pp	+0.3935pp	+0.9903pp	+1.5104pp	+1.9637pp	+2.3588pp	+2.7031pp	+3.0032pp	+3.2647pp	+3.4927pp	+3.6914pp
105,01	110,00	-0.5400pp	+0.1889pp	+0.8225pp	+1.3734pp	+1.8523pp	+2.2686pp	+2.6305pp	+2.9452pp	+3.2188pp	+3.4566pp	+3.6633pp	+3.8430pp
110,01	115,00	-0.0383pp	+0.6360pp	+1.2208pp	+1.7279pp	+2.1677pp	+2.5490pp	+2.8797pp	+3.1665pp	+3.4152pp	+3.6309pp	+3.8179pp	+3.9801pp
115,01	120,00	+0.4299pp	+1.0521pp	+1.5902pp	+2.0558pp	+2.4584pp	+2.8068pp	+3.1061pp	+3.3687pp	+3.5940pp	+3.7829pp	+3.9579pp	+4.1039pp
120,01	125,00	+0.8669pp	+1.4390pp	+1.9327pp	+2.3587pp	+2.7263pp	+3.0435pp	+3.3171pp	+3.5533pp	+3.7571pp	+3.9329pp	+4.0846pp	+4.2155pp

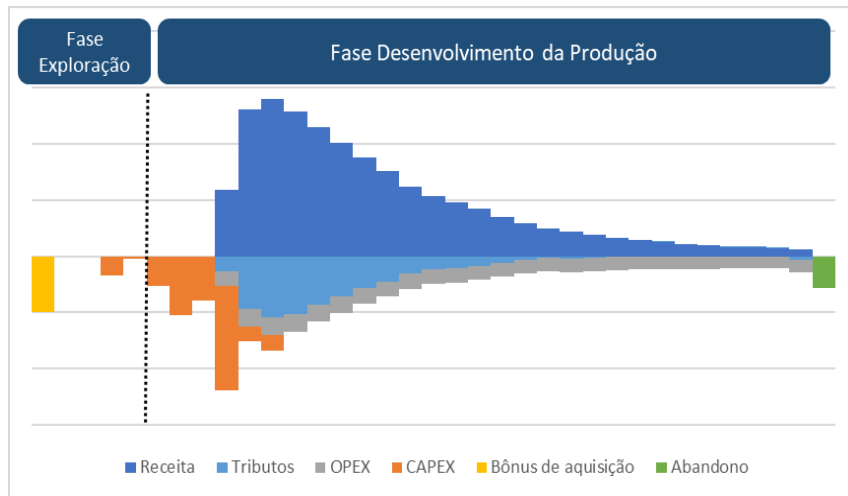
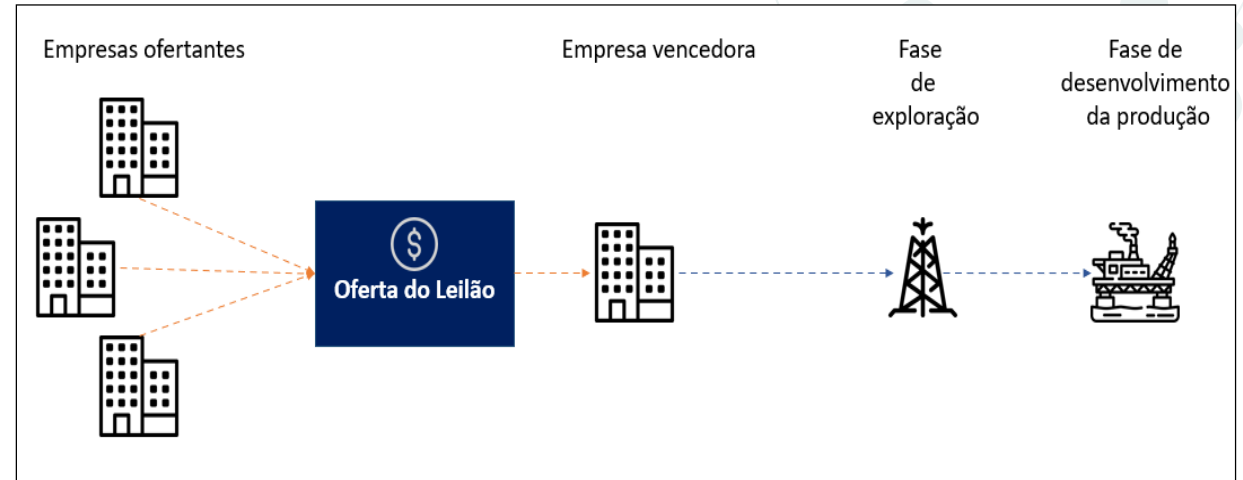
3. PROBLEMA



Fase de exploração: atividades para determinar a existência ou não de petróleo no campo e sua viabilidade comercial.



Fase de desenvolvimento da produção: atividades que viabilizem a sua produção [11].



1 1^{os} anos: Investimentos em aquisição, exploração e desenvolvimento da produção o que torna o fluxo de caixa **negativo**.

2 À medida que ocorre a produção do campo, a partir da composição de receitas, investimentos, custos operacionais e tributos, o fluxo de caixa passa a ser **positivo**.

3 Final do período: abandono técnico e/ou econômico do campo com a **inversão** do fluxo de caixa.

3. PROBLEMA

Fluxo da Caixa

Construção dos Fluxos de caixa para os Regimes Fiscais de Concessão e Partilha da Produção



Simulação

```
S = 1,000
for b ∈ B
  for s ∈ S
    Step 1: Sample  $P_s$ 
    Step 2: Sample  $T_s$ 
    Step 3: Compute  $CF(\tilde{P}, \tilde{T})$ 
  end s

  Step 4: Calculate NPV(CF)
end b
```

Análise do Fluxo da Caixa

Utilizado o método do Valor Presente Líquido: desconta o fluxo de caixa livre de cada período para determinada data pela Taxa Mínima de Atratividade (TMA).

Medida de Risco

Para a mensuração de resultados extremamente desfavoráveis utilizada a Conditional Value-at-Risk (CVaR), onde é considerado o risco da cauda esquerda da distribuição de probabilidade dos retornos do ativo [10].

4. ESTUDO DE CASO

PARÂMETROS



**Fase
exploratória**

Aquisição Sísmica

Construção de poços
de delimitação

**Fase de
desenvolvimento
da produção**

Investimento na
construção e
interligação de poços

Plataforma de
produção

Custos Fixos e
Variáveis

Abandono dos poços

08

POÇOS PRODUTORES
(2 POÇOS RESERVA)

06

POÇOS DE INJEÇÃO DE
ÁGUA

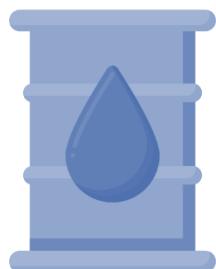
25

PERÍODO DE
PRODUÇÃO

8%

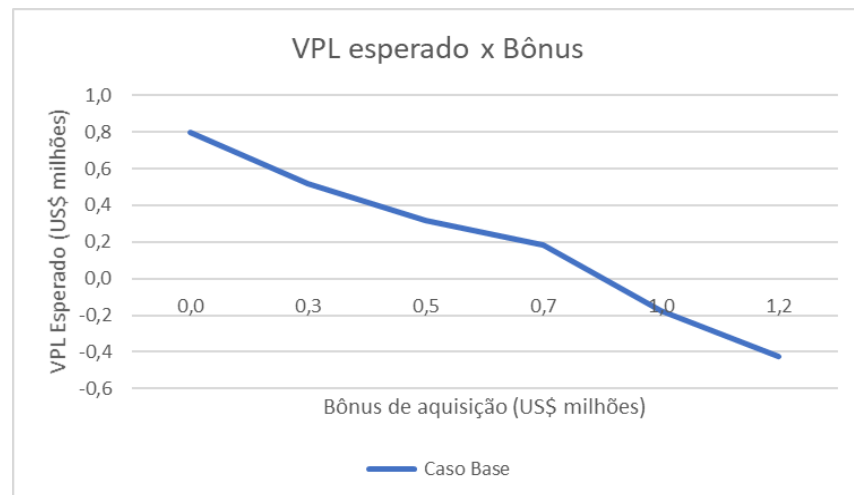
TMA

DADOS: MME – PORTARIA nº
213, de 23 de ABRIL de 2019 [8]



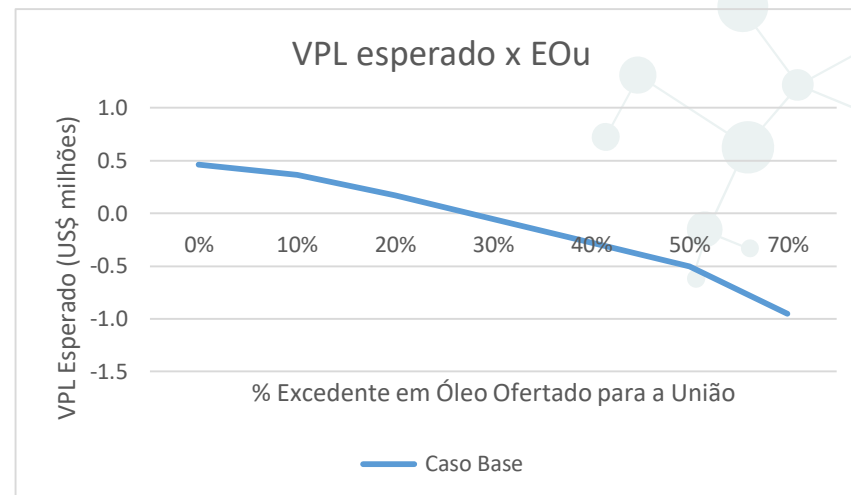
5. RESULTADOS

Regime de Concessão



Incremento do valor do bônus de aquisição e redução em relação ao VPL esperado, que a partir de determinado valor de bônus passa a ser negativo.

Regime de Partilha de Produção



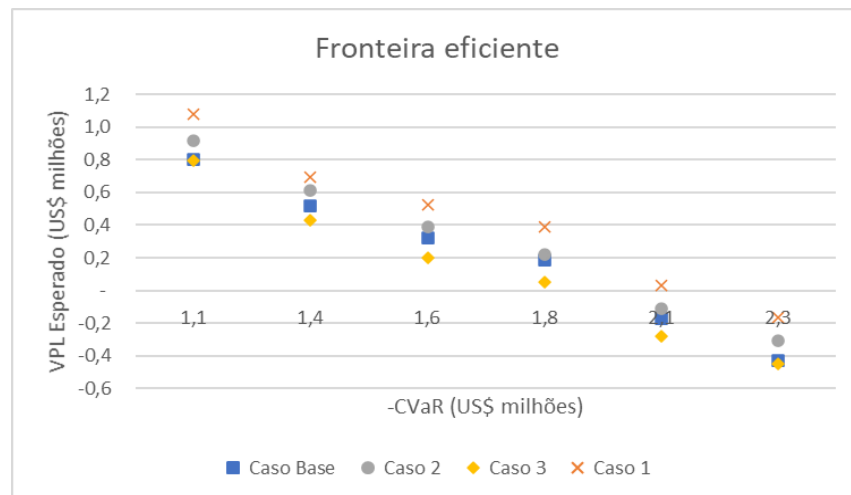
O mesmo efeito ocorre com o incremento do %EOu há redução do VPL mas pode-se verificar a existência de 3 retas com inclinações diferentes.

Alteração da inclinação da reta nos dois regimes a partir de um determinado ponto.

Conforme esperado, quanto maior o bônus de assinatura ou % EOu, menor é o VPL esperado. Necessidade de mensuração da chance de ganho do leilão.

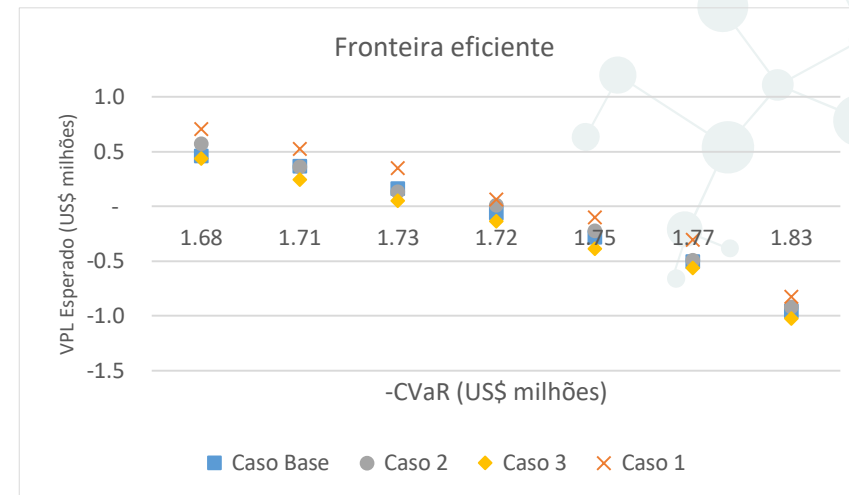
5. RESULTADOS

Regime de Concessão



Esta fronteira mostra a composição ótima a ser selecionada para cada valor de bônus de aquisição.

Regime de Partilha de Produção



Esta fronteira mostra a composição ótima a ser selecionada para cada valor de %EOu.

Pode-se verificar que para cada bônus de aquisição ou %Eou, o CVaR mostra-se semelhante.

Refinar medida de risco.

6. DESAFIOS FUTUROS



1

Mensurar a chance de vencer o leilão.

2

Refinar a medida de risco para captura mais adequada do risco financeiro.

3

Incluir os aspectos de sustentabilidade.

4

Desenho ótimo da configuração de produção

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] BRASIL. CONGRESSO NACIONAL. Lei nº 9.478, de 6 de agosto de 1997. 1997. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9478.htm>. Acesso em: 09 de ago. de 2021

[2] _____. CONSELHO NACIONAL DE POLÍTICA ENERGÉTICA. Resolução nº 6/2007, de 8 de novembro de 2007. 2007. Disponível em: <http://https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/conselhos-e-comites/cnpe/resolucoes-do-cnpe/arquivos/2007/res_6_2007_cnpe.pdf>. Acesso em: 09 de ago. de 2021

[3] _____. CONGRESSO NACIONAL. Lei nº 12.531, de 22 de dezembro de 2010. 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12351.htm>. Acesso em: 09 de ago. de 2021

[4] _____. SENADO FEDERAL. Projeto de Lei nº 3.178, de 2019. 2019. Disponível em: <<https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/137007>>. Acesso em: 09 de ago. de 2021

[5] BLOOMBERG, Disponível na plataforma Bloomberg. Acesso em: 10 de jun. de 2021.

[6] IEA. Oil market report – Novembro 2019. Technical Report. International Energy Agency. 2019.

[7] KRISHNA, V. Auction Theory, Second Edition. Elsevier Press. 2010.

[8] MME - Ministério de Minas e Energia. Portaria nº 213, de 23 de abril de 2019. 2019. Disponível em: < https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-n%C2%BA-213-de-23-de-abril-de-2019-*-83479907> . Acesso em: 08 de ago. de 2021

[9] ORNSTEIN, G.E., UHLENBECK, L.S. On the theory of the Brownian motion. Physical review, 36, 823-841, 1930.

[10] ROCKAFELLAR, R.T., URYASEV, S., Conditional value-at-risk for general loss distributions. Journal of Banking & Finance 26 1443–1471, 2002

[11] SUSLICK, S.B., SCHIOZER, D.J. Risk analysis applied to petroleum exploration and production: an overview. Journal of Petroleum Science and Engineering, 44, 1– 9, 2004.

[12] VICKREY, W.; Auctions and Bidding Games. Academic Press, 1962