

5

Apresentação e discussão dos resultados

5.1.

Introdução

Com o programa implementado modelou-se os ensaios de coluna feitos na dissertação de Guilherme Barros de Castro Filho onde foram realizados 7 ensaios, dos quais 2 foram feitos com gasolina pura e 5 com gasolina comercial, que teoricamente contém 20% de etanol na sua composição. Também, é apresentada uma discussão de todos os resultados obtidos no presente estudo.

5.2.

Parâmetros

Todos os parâmetros, que foram obtidos da dissertação mencionada, são apresentados nas tabelas 2 e 3.

Parâmetro	Símbolo	Medição	Valor
Porosidade (*)	η	Ensaio de coluna	0,39
Permeabilidade saturada à água (cm/s)	K_{ws}	Ensaio de coluna	0,30
Pressão de entrada de ar (cm)	h_{ce}	Placa de pressão	11,0
Índice de distribuição do tamanho dos poros (*)	λ	Placa de pressão	1,927
Densidade da gasolina (Mg/m ³)	ρ_o	Laboratório de Química	0,7727
Viscosidade dinâmica (Cp)	μ	Literatura – API, 1993	0,37
Tensão superficial ar-gasolina (dina/cm)	σ_{ao}	Literatura (Finotti, 2003)	25,5
Saturação inicial de água (%)	S_w	Ensaio de coluna	5,05
Saturação residual de gasolina na zona vadosa (%)	S_{or}	Literatura (Weaver, 1994)	6,0
Tempo de carga constante (s)	t_c	Ensaio de coluna	52,0
Altura de carga constante (cm)	H_i	Condição de contorno	2,0
Tempo de simulação (min)	t_{end}	Ensaio de coluna	15,0
Solubilidade do benzeno (mg/L)	$C_{B,GAS}$	Literatura-Mercer <i>et al.</i> , 1990 e Cline <i>et al.</i> (1991)	1750,0

Tabela 2 – Parâmetros utilizados no modelo de simulação de infiltração de gasolina pura.

Parâmetro	Símbolo	Medição	Valor
Porosidade (*)	η	Ensaio de coluna	0,39
Permeabilidade saturada à água (cm/s)	K_{ws}	Ensaio de coluna	0,30
Pressão de entrada de ar (cm)	h_{ce}	Ajustado	12,0
Índice de distribuição do tamanho dos poros (*)	λ	Placa de pressão	1,927
Densidade da gasolina (Mg/m ³)	ρ_o	Laboratório de Química	0,7529
Viscosidade dinâmica (Cp)	μ	Ajustado	0,50
Tensão superficial ar-gasolina (dina/cm)	σ_{ao}	Literatura (Finotti, 2003)	24,7
Tensão superficial ar-água (dina/cm)	σ_{aw}	Estimado	25
Saturação inicial de água (%)	S_w	Ensaio de coluna	7,05
Saturação residual de gasolina na zona vadosa (%)	S_{or}	Literatura (Weaver, 1994)	2,0
Tempo de carga constante (s)	t_c	Ensaio de coluna	54,0
Altura de carga constante (cm)	H_i	Condição de contorno	2,0
Tempo de simulação (min)	t_{end}	Ensaio de coluna	16,0
Solubilidade do benzeno (mg/L)	$C_{B,GAS}$	Calculado	49925,0

Tabela 3 - Parâmetros utilizados no modelo de simulação de infiltração de gasolina com etanol.

5.3.

Resultados do ensaio de coluna.

Na continuação são apresentadas ilustrações dos ensaios realizados e simulados.

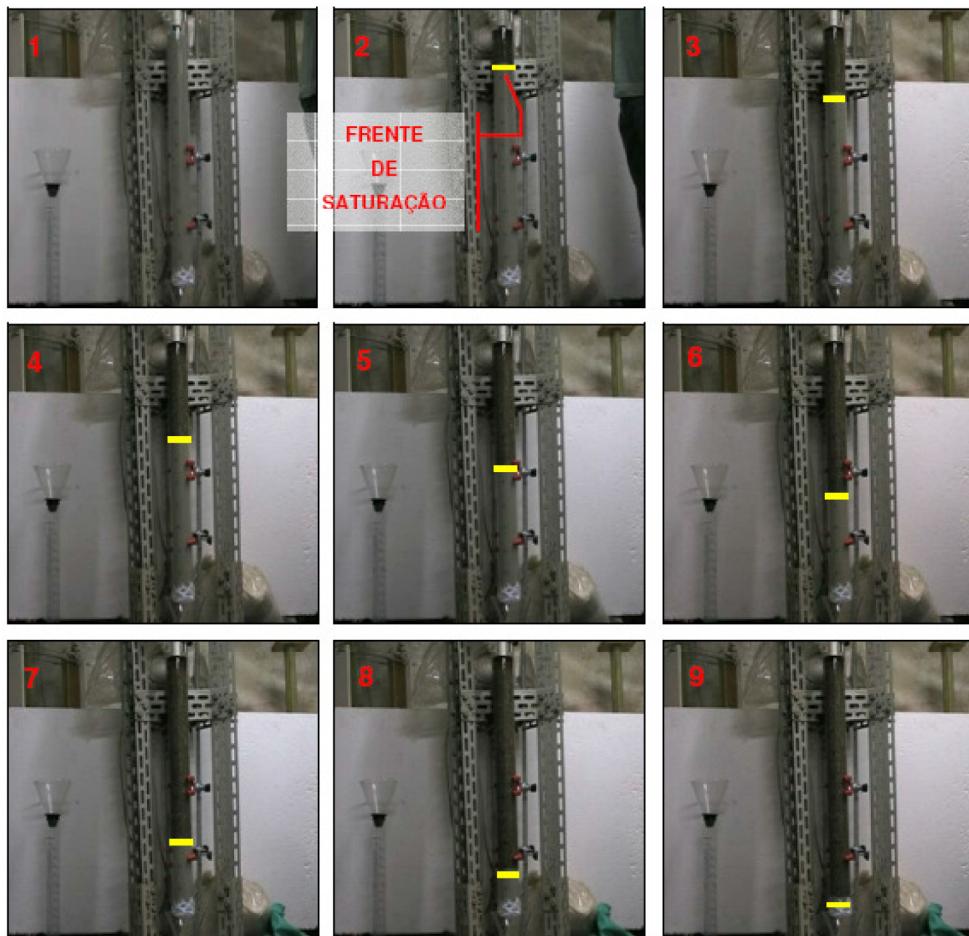


Figura 27 - Seqüência típica (1-9) do avanço da frente de saturação de gasolina nos ensaios de coluna ao longo do tempo.

5.4.

Resultados da Simulação do ensaio de coluna

A seqüência típica do avanço da frente de saturação de gasolina no ensaio de coluna simulado é apresentada nas figuras seguintes, da 28 à 38 e a seqüência do avanço da frente de saturação de gasolina misturada com etanol é apresentada nas figuras da 39 à 49.

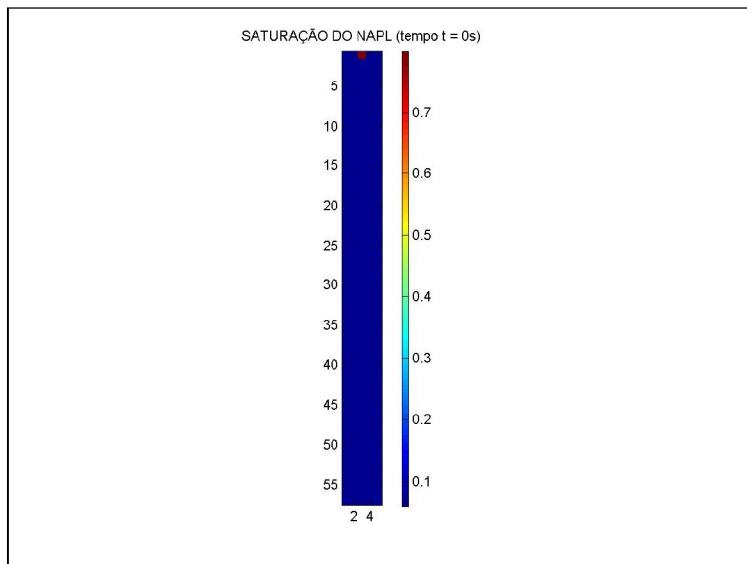


Figura 28 – Simulação do ensaio de coluna para as condições iniciais ($t=0s$)

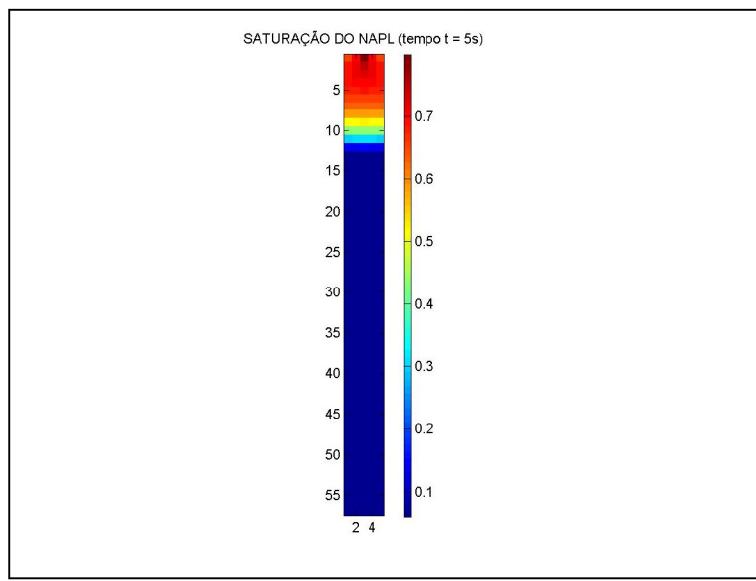


Figura 29 – Simulação do ensaio de coluna com gasolina para ($t=5s$)

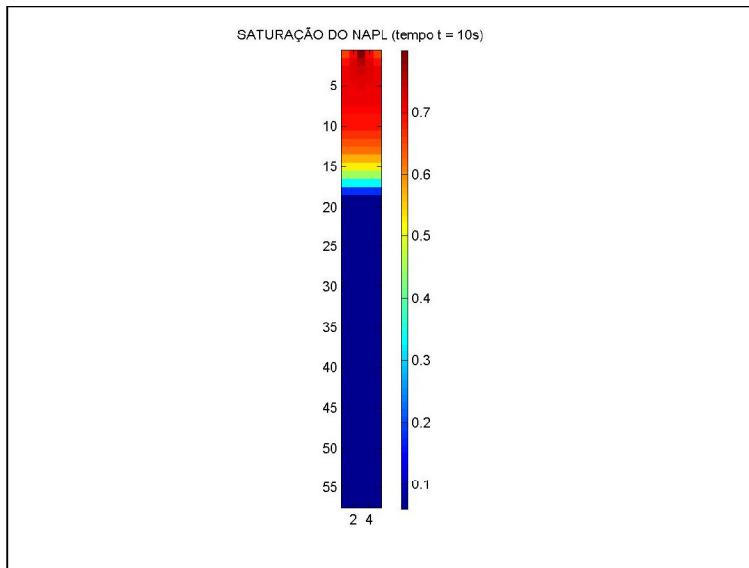


Figura 30 – Simulação do ensaio de coluna com gasolina para (t=10s)

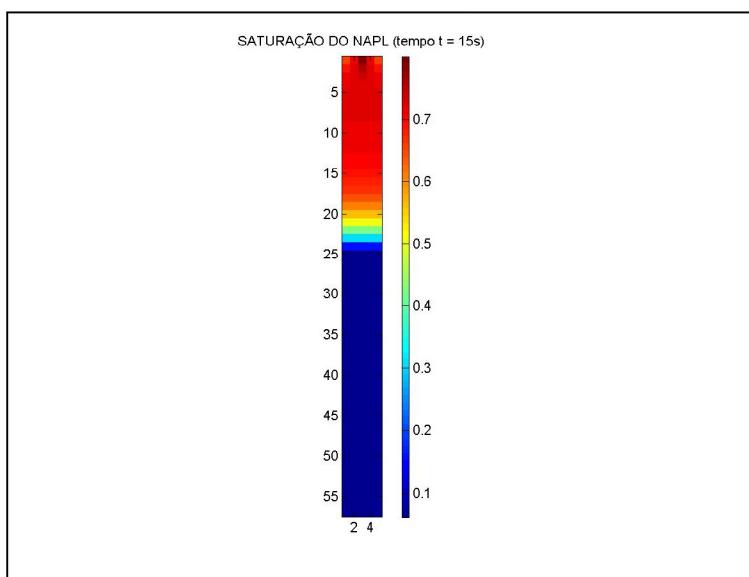


Figura 31 – Simulação do ensaio de coluna com gasolina para (t=15s)

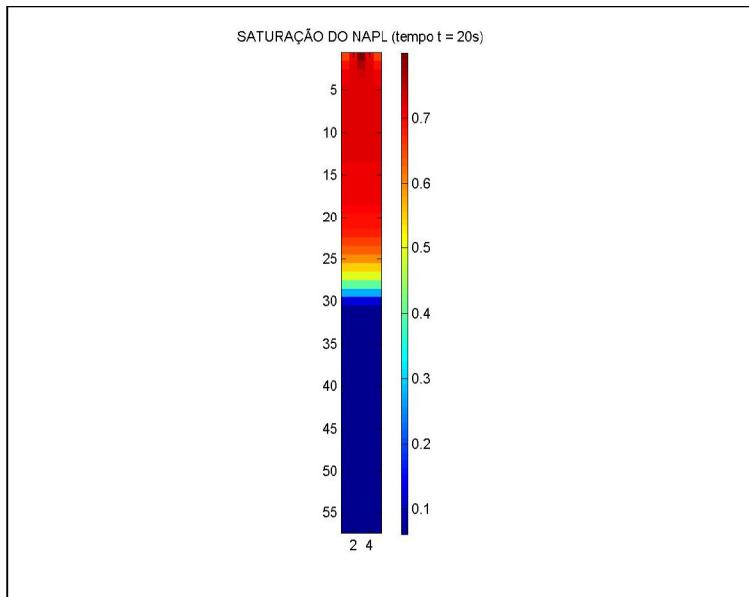


Figura 32 – Simulação do ensaio de coluna com gasolina para (t=20s)

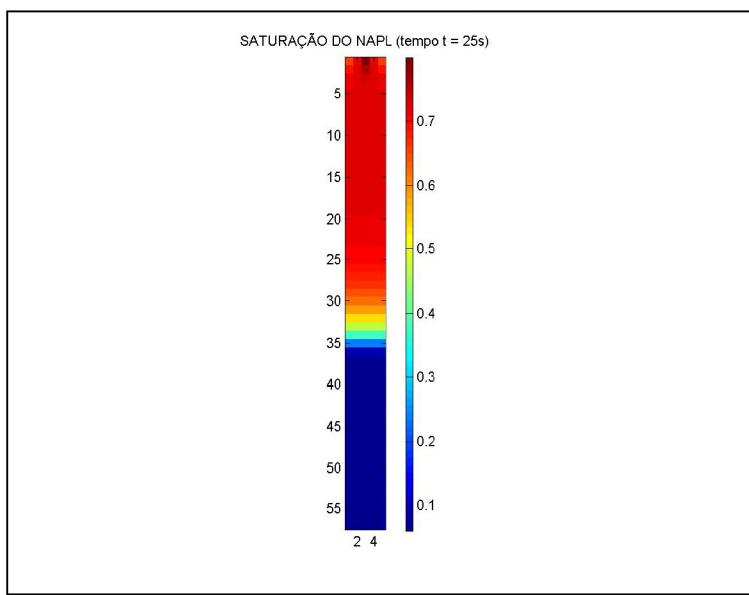


Figura 33 – Simulação do ensaio de coluna com gasolina para (t=25s)

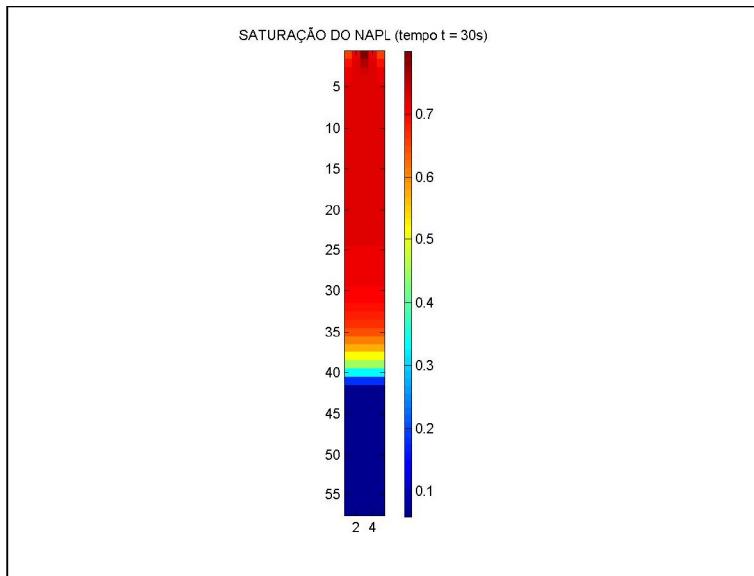


Figura 34 – Simulação do ensaio de coluna com gasolina para (t=30s)

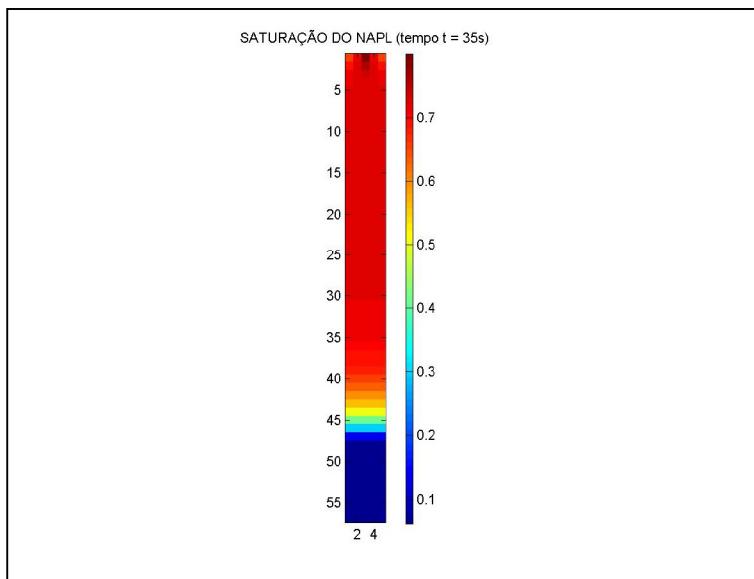


Figura 35 – Simulação do ensaio de coluna com gasolina para (t=35s)

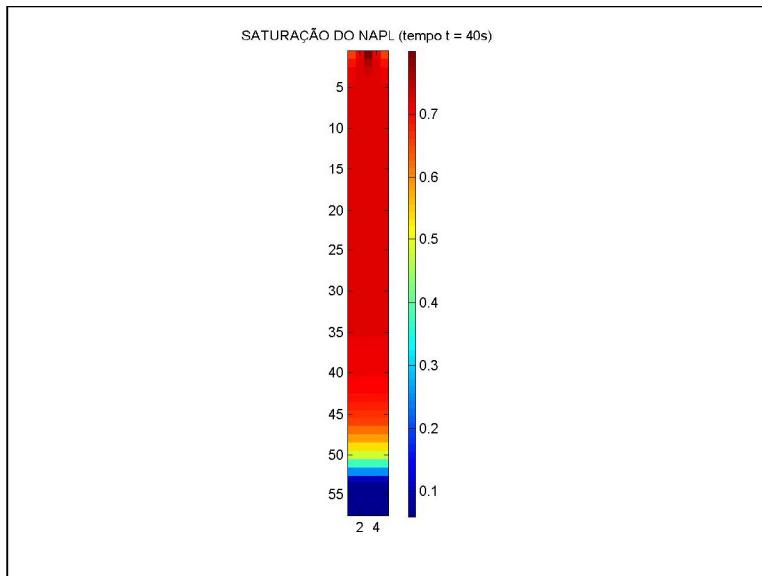


Figura 36 – Simulação do ensaio de coluna com gasolina para (t=40s)

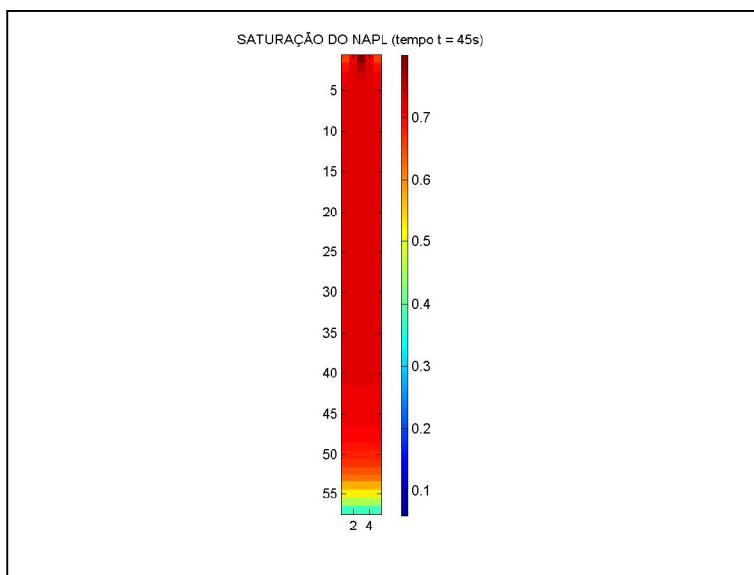


Figura 37 – Simulação do ensaio de coluna com gasolina para (t=45s)

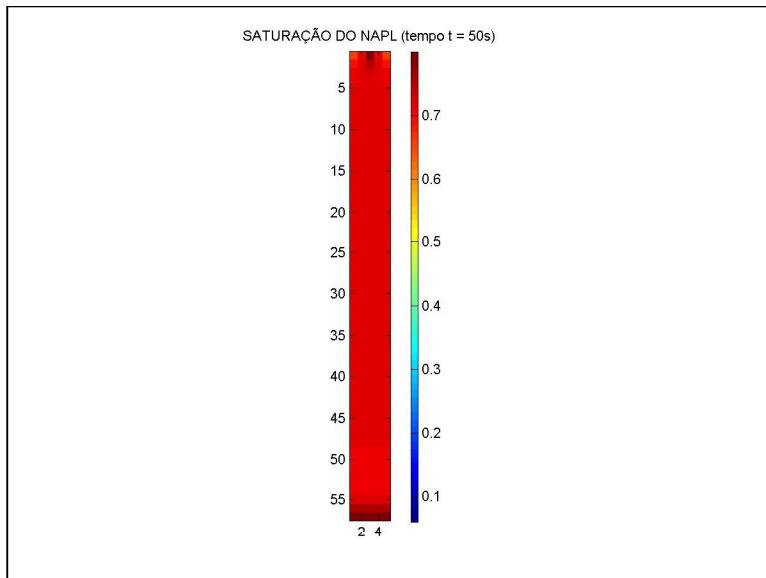


Figura 38 – Simulação do ensaio de coluna com gasolina para (t=50s)

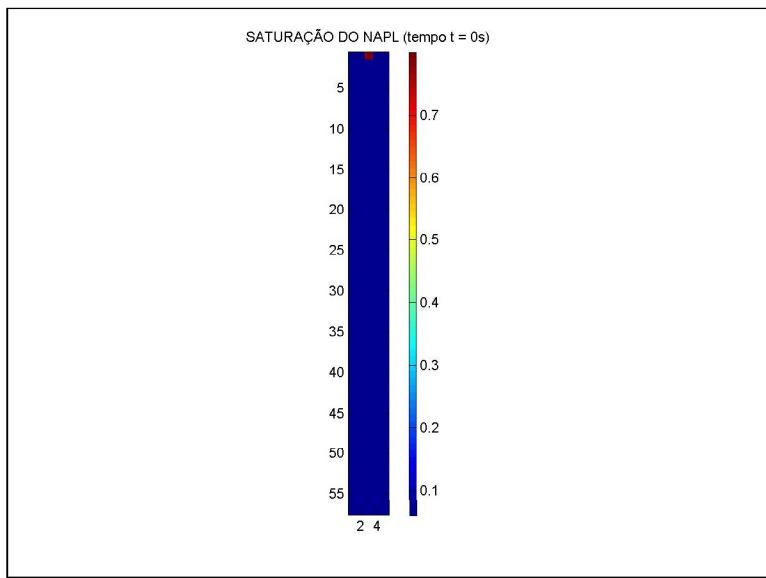


Figura 39 – Simulação do ensaio de coluna usando gasolina misturada com etanol para (t=0s) Condições Iniciais.

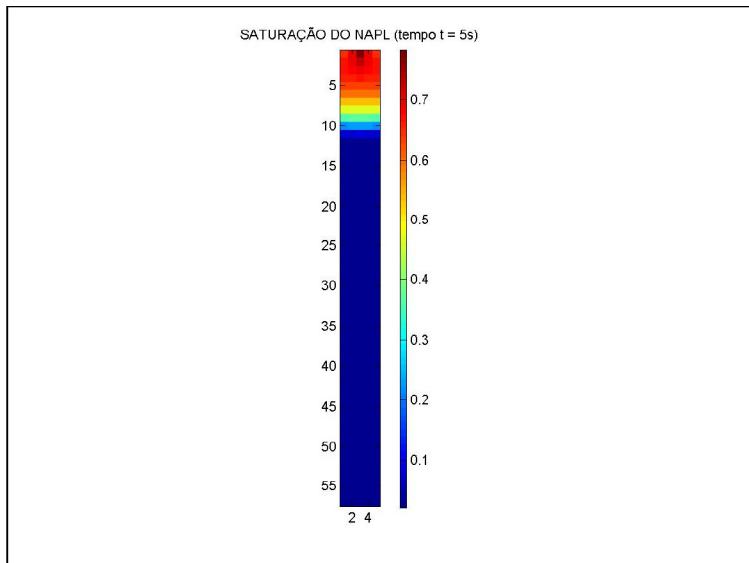


Figura 40 – Simulação do ensaio de coluna para gasolina misturada com etanol (t=5s)

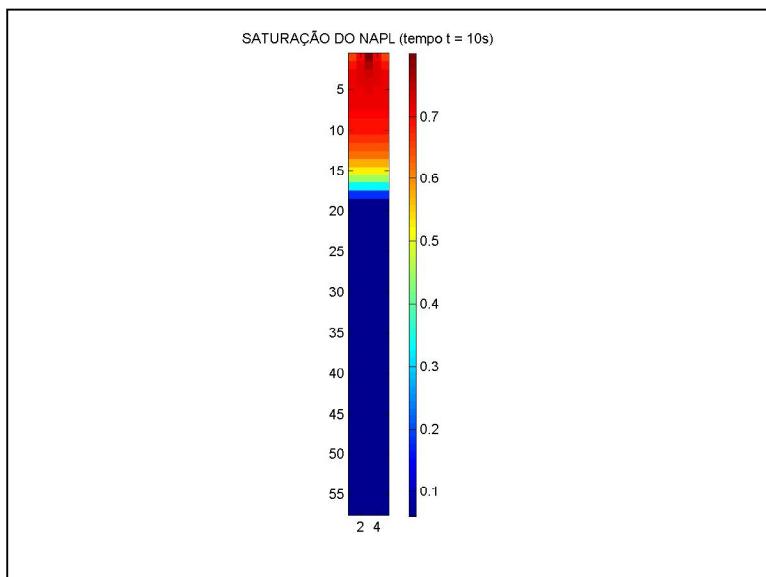


Figura 41 – Simulação do ensaio de coluna para gasolina misturada com etanol (t=10s)

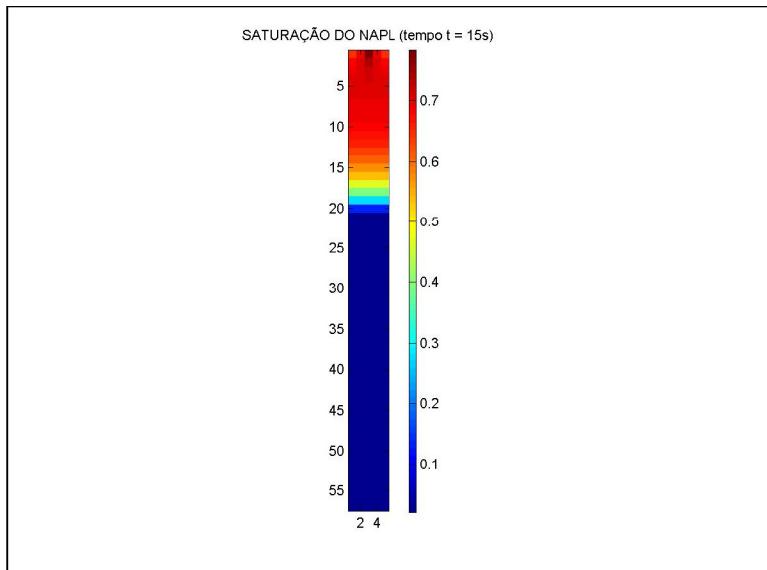


Figura 42 – Simulação do ensaio de coluna para gasolina misturada com etanol (t=15s)

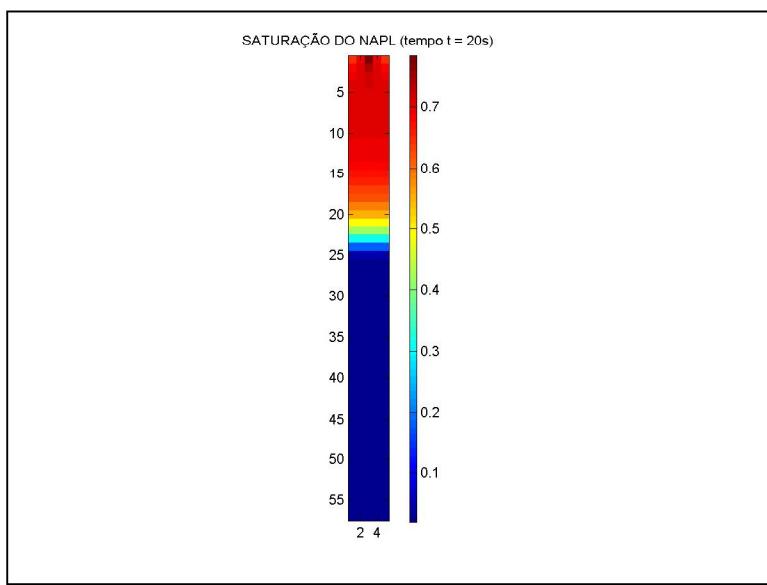


Figura 43 – Simulação do ensaio de coluna para gasolina misturada com etanol (t=20s)

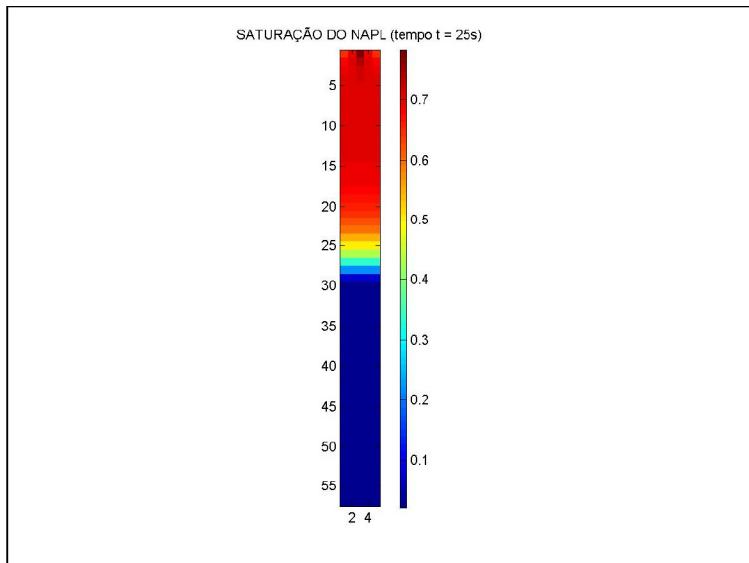


Figura 44 – Simulação do ensaio de coluna para gasolina misturada com etanol (t=25s)

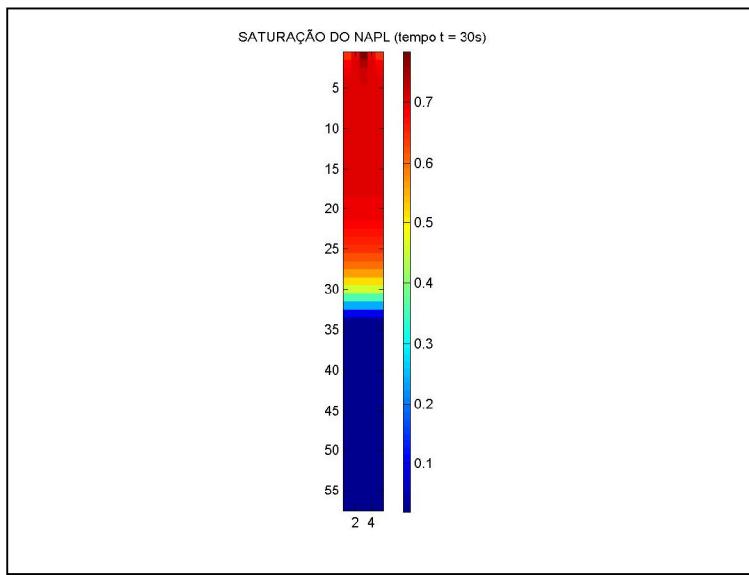


Figura 45 – Simulação do ensaio de coluna para gasolina misturada com etanol (t=30s)

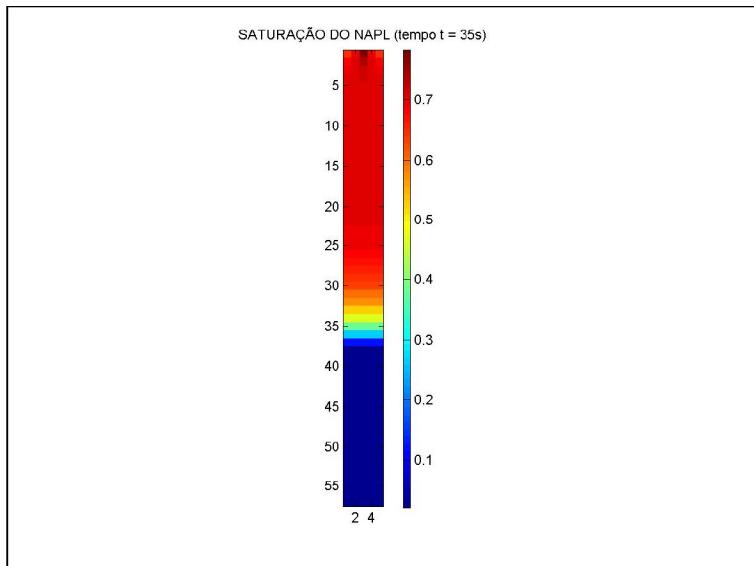


Figura 46 – Simulação do ensaio de coluna para gasolina misturada com etanol (t=35s)

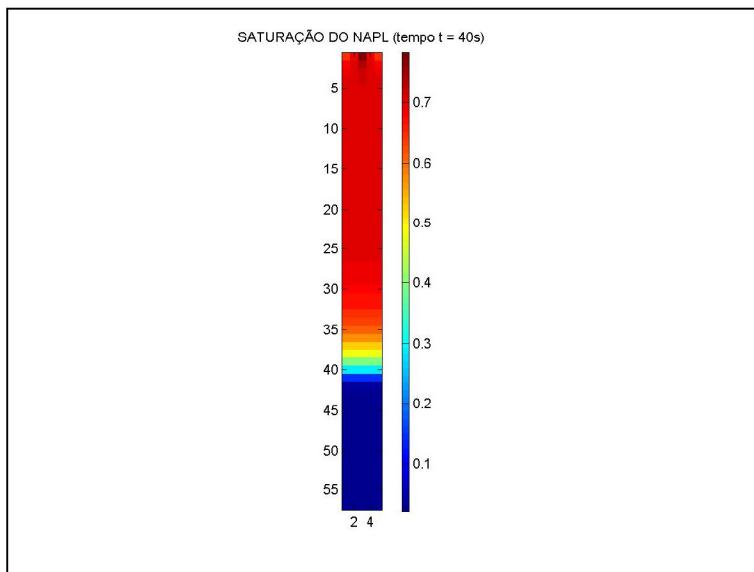


Figura 47 – Simulação do ensaio de coluna para gasolina misturada com etanol (t=40s)

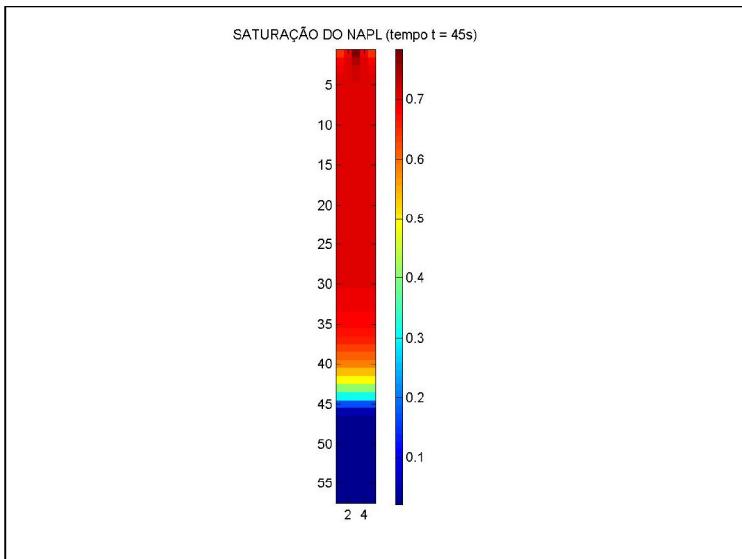


Figura 48 – Simulação do ensaio de coluna para gasolina misturada com etanol (t=45s)

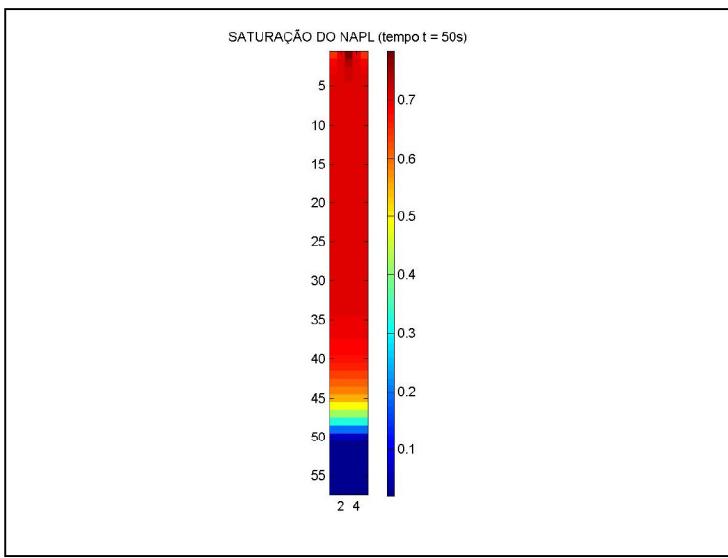


Figura 49 – Simulação do ensaio de coluna para gasolina misturada com etanol (t=50s)

5.5.

Resultados da simulação do ensaio de aquário.

As figuras seguintes da 50 à 58, mostram o avanço da frente de saturação a cada 10 segundos. Aqui se simulou um vazamento pontual durante 52 segundos. Passados este tempo, o vazamento é detido mas a simulação continua.

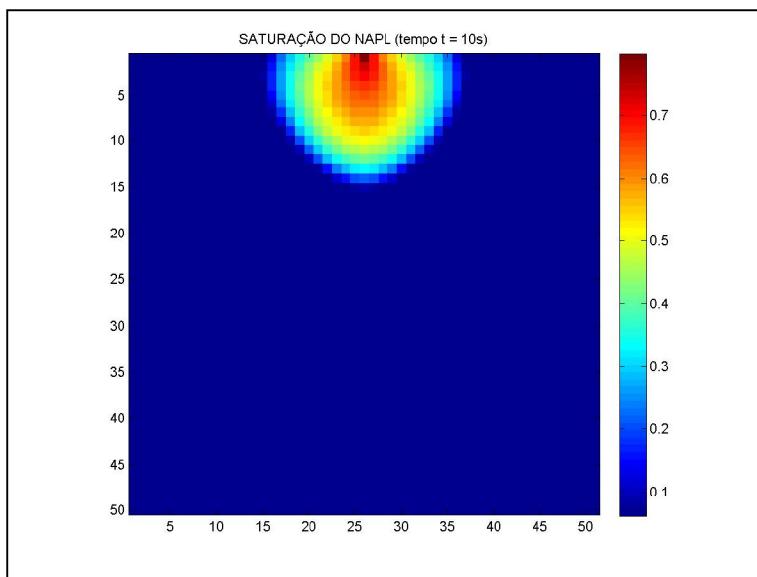


Figura 50 - Frente de saturação de BETEX no ensaio de aquário simulado ($t=10s$).

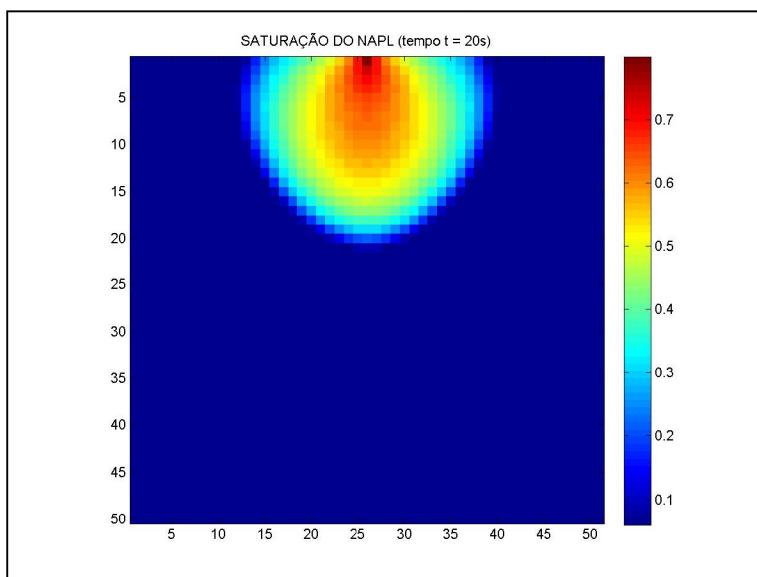


Figura 51 - Frente de saturação de BETEX no ensaio de aquário simulado ($t=20s$).

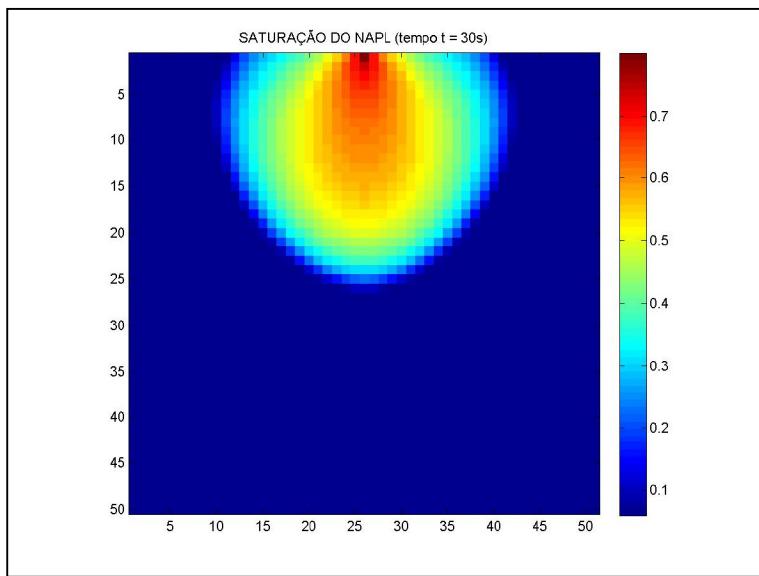


Figura 52 - Frente de saturação de BETEX no ensaio de aquário simulado (t=30s).

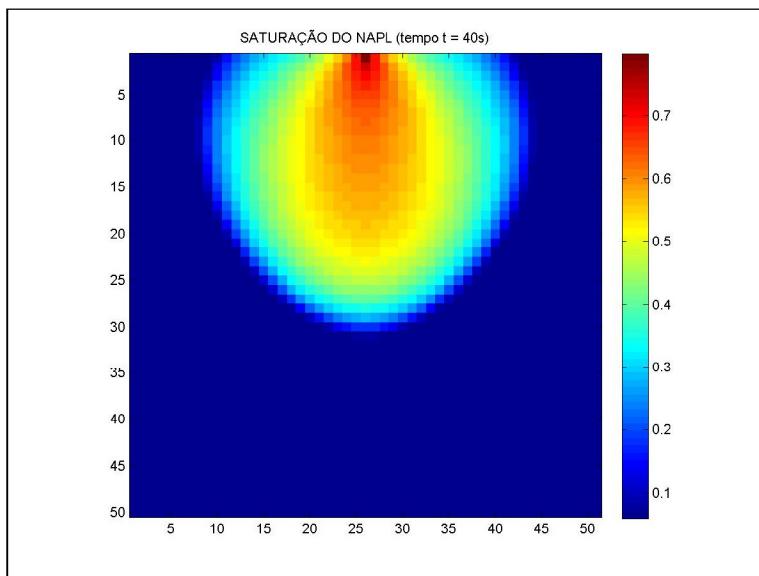


Figura 53 - Frente de saturação de BETEX no ensaio de aquário simulado (t=40s).

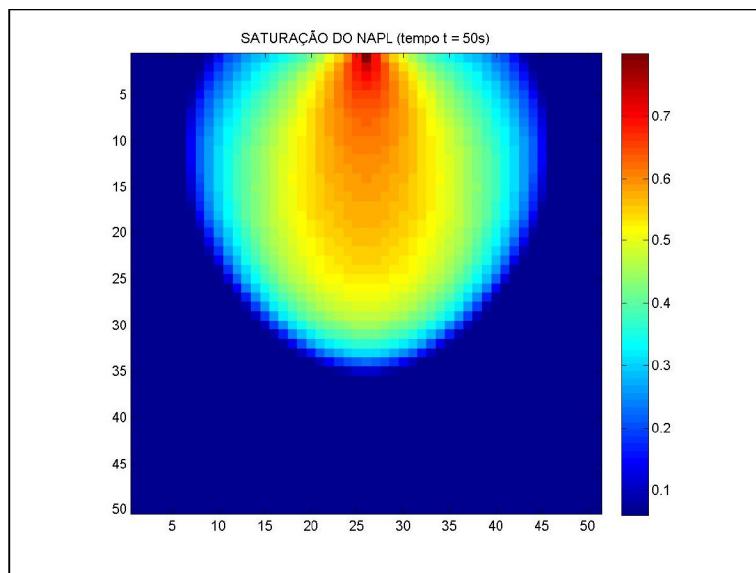


Figura 54 - Frente de saturação de BETEX no ensaio de aquário simulado (t=50s).

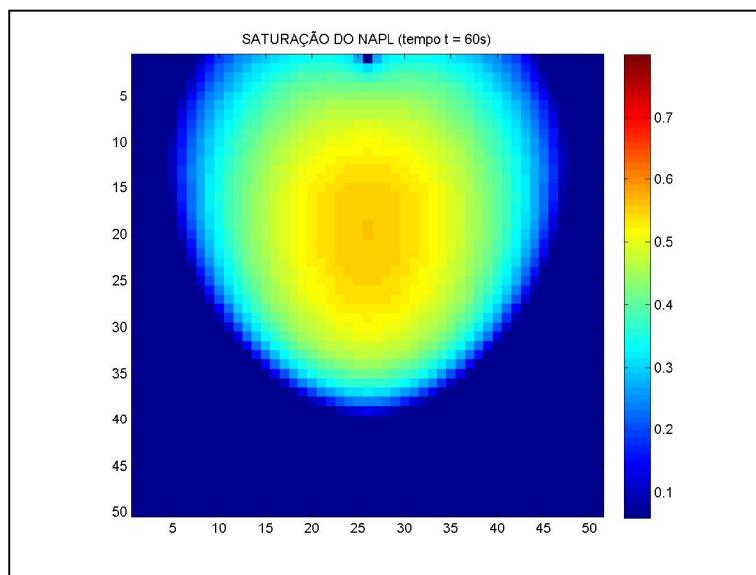


Figura 55 - Frente de saturação de BETEX no ensaio de aquário simulado (t=60s).

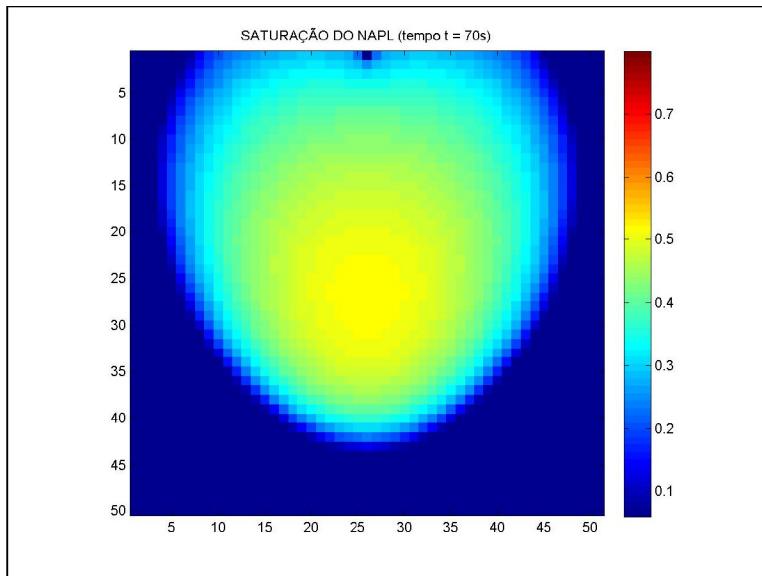


Figura 56 - Frente de saturação de BETEX no ensaio de aquário simulado (t=70s).

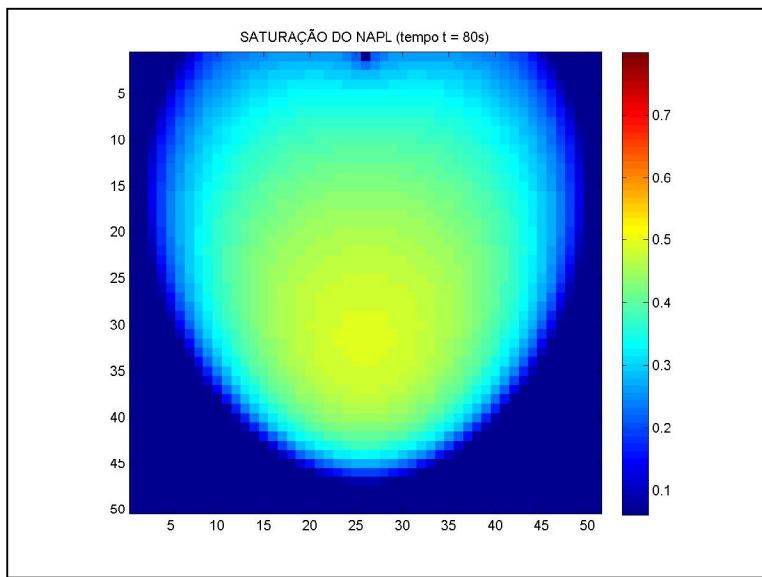


Figura 57 - Frente de saturação de BETEX no ensaio de aquário simulado (t=80s).

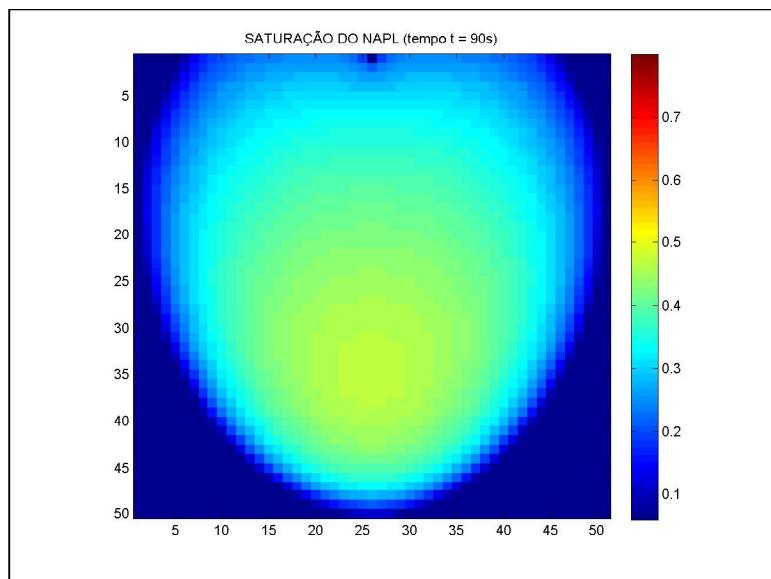


Figura 58 - Frente de saturação de BETEX no ensaio de aquário simulado ($t=90s$).

5.6.

Resultados da simulação do transporte unidimensional de benzeno

Para a simulação do transporte, se considerou um regime permanente, com uma velocidade de percolação constante.

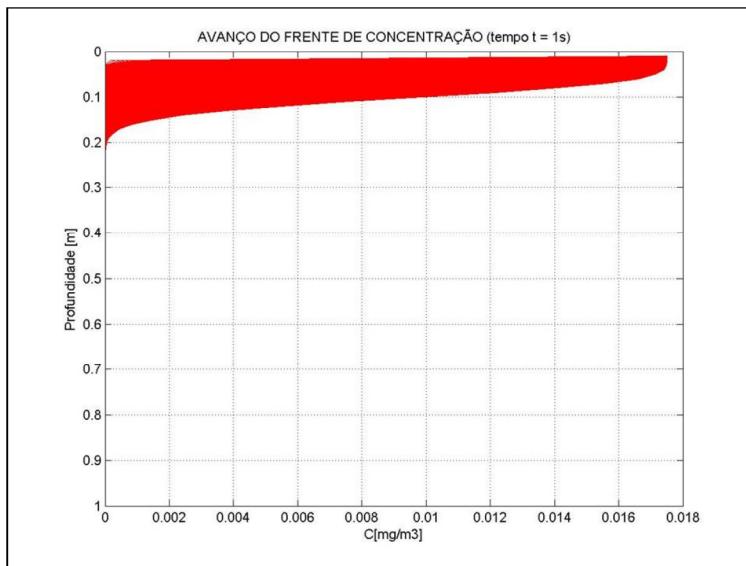


Figura 59 - Transporte de benzeno unidimensional (t=10s).

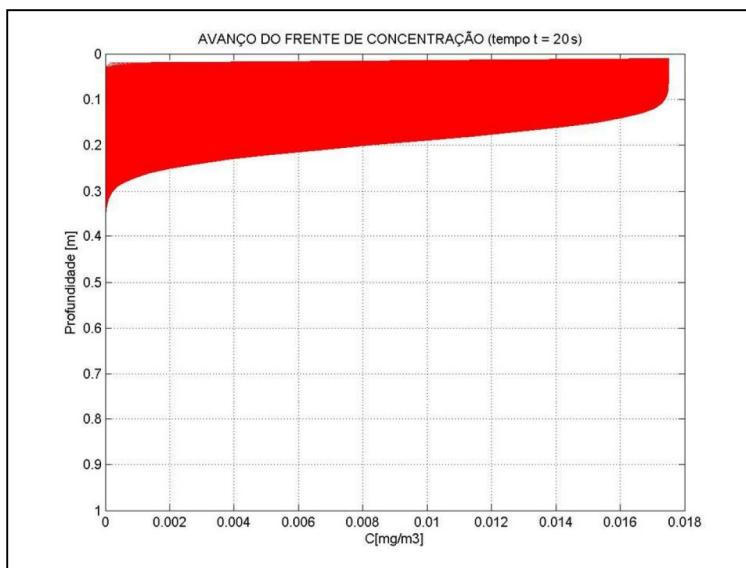
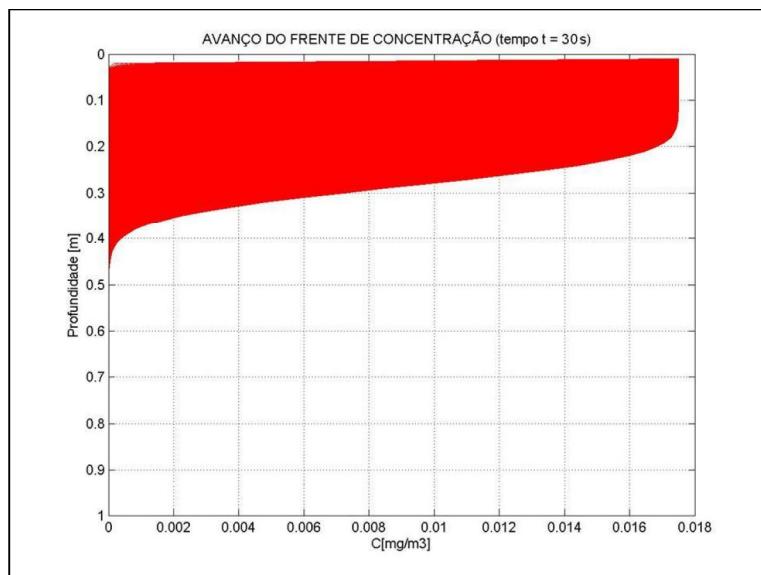
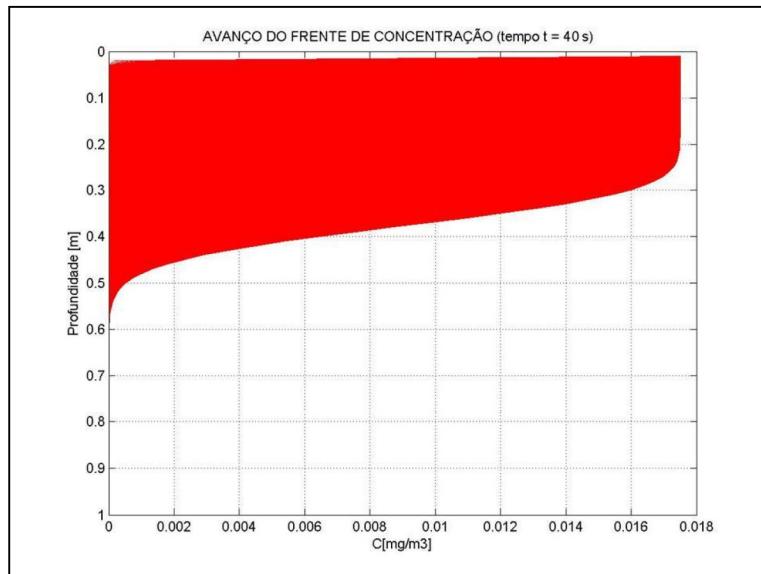
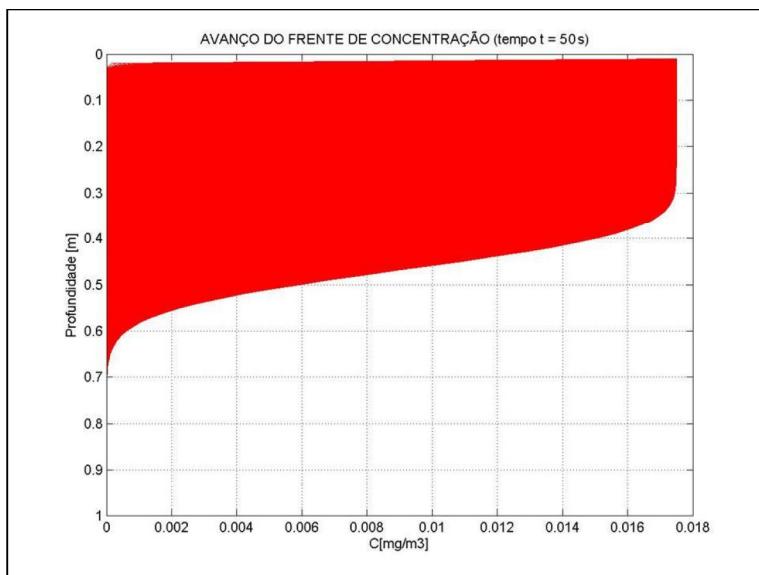
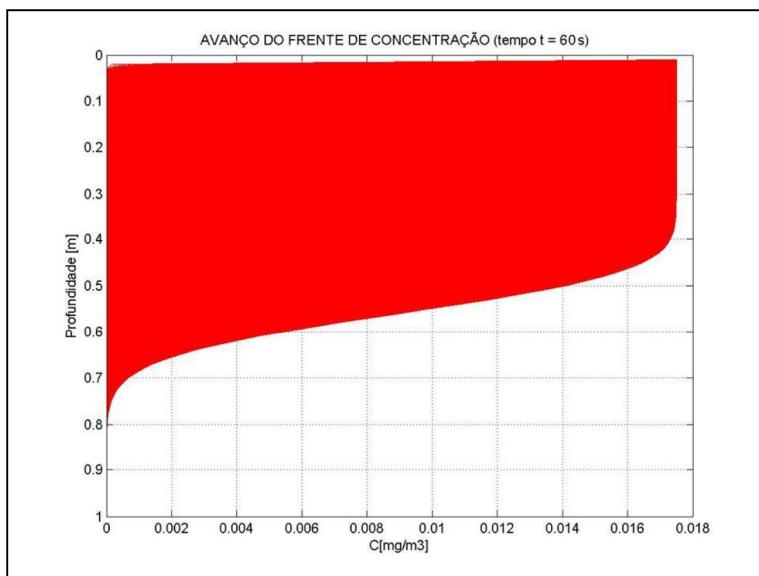


Figura 60 - Transporte de benzeno unidimensional (t=20s).

Figura 61 - Transporte de benzeno unidimensional ($t=30\text{s}$).Figura 62 - Transporte de benzeno unidimensional ($t=40\text{s}$).

Figura 63 - Transporte de benzeno unidimensional ($t=50\text{s}$).Figura 64 - Transporte de benzeno unidimensional ($t=60\text{s}$).

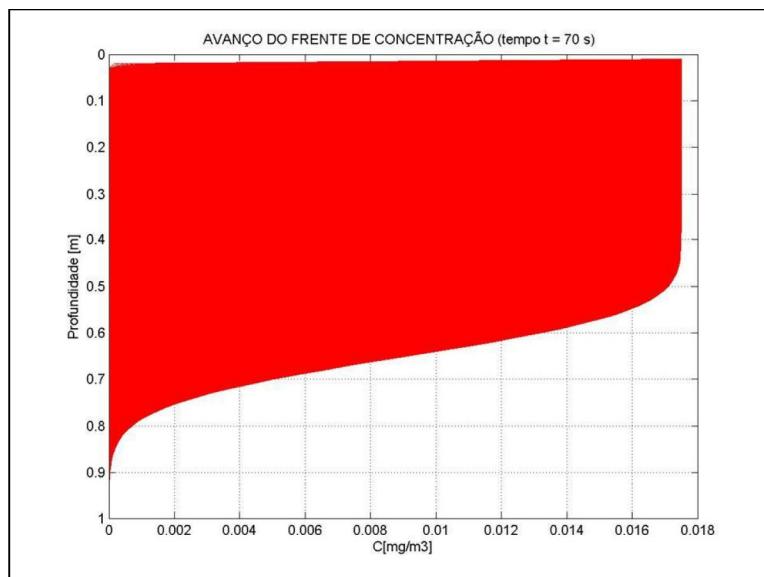


Figura 65 - Transporte de benzeno unidimensional (t=70s).

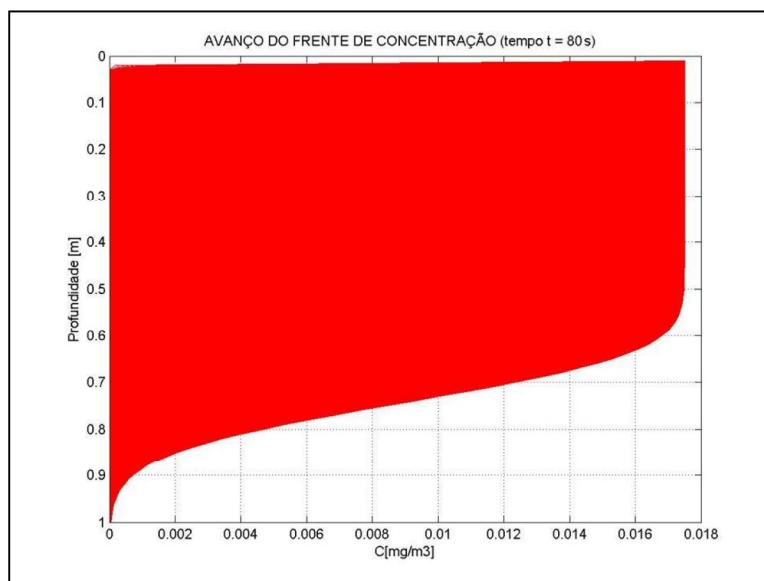


Figura 66 - Transporte de benzeno unidimensional (t=80s).

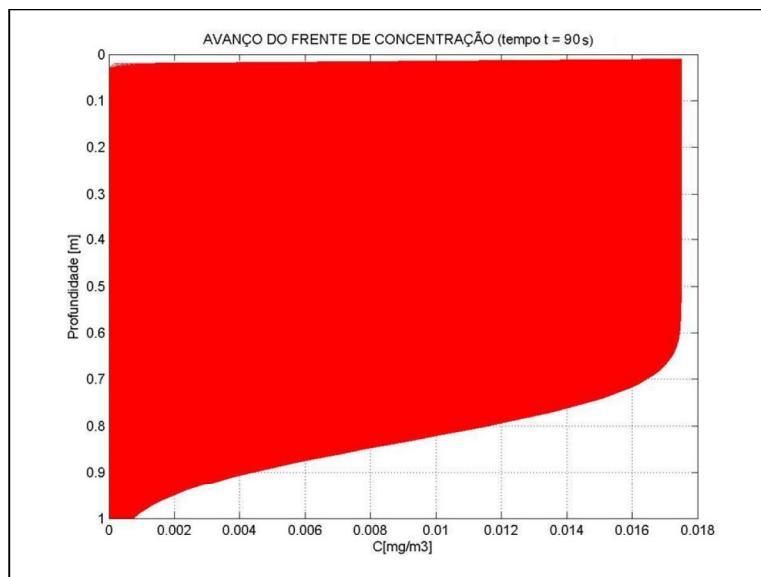


Figura 67 - Transporte de benzeno unidimensional ($t=90s$).

5.7.

Discussão dos resultados

Os resultados da simulação do ensaio de coluna para gasolina pura e gasolina misturada com etanol foram bastante parecidos aos ensaios experimentais feitos no laboratório.

Na Figura 27 apresenta-se o avanço da frente de saturação para os ensaios 1 e 2 e nas figura 28 até a 38 o resultado do modelo para a infiltração de gasolina pura na coluna experimental. Nota-se nestas figuras que o modelo reproduz com muita fidelidade o avanço da frente de saturação, considerando os parâmetros apresentados na Tabela 2.

O mesmo ocorre quando se faz a simulação do fluxo de gasolina misturada com etanol (Figuras da 39 à 49) considerando parâmetros apresentados na Tabela 3.

Destas duas simulações pode-se concluir que a frente de saturação da gasolina avança com mais velocidade do que quando se trata de gasolina misturada com etanol, isto ocorre porque a viscosidade dinâmica tem um valor maior no caso da gasolina misturada com etanol o que faz o avanço mais devagar.

Para o ensaio de aquário simulou-se um vazamento pontual durante 52 segundos, passado este tempo, o vazamento foi detido, mas o NAPL vazado continua fluindo ate atingir um regime regular que ocorre aproximadamente aos 16 minutos simulados. Nas figuras apresentadas (da 50 à 58) mostrou-se como o NAPL continua avançando mesmo quando o vazamento é detido mas os valores de saturação diminuem com o avanço da frente, e isso ocorre porque a quantidade de NAPL é a mesma e a área atingida é maior.

No caso do transporte o comportamento das curvas é coerente, mas precisa-se implementar o algoritmo em duas dimensões e para regime transiente.