

Sistema de apoio ao corte bidimensional guilhotinado aplicado ao corte de chapas de papelão utilizando programação linear inteira

Aluno: Marcos Paulo Zimmermann

Orientador: Maurício Capobianco Lopes

Bacharelado em Ciências da Computação

FURB - Universidade Regional de Blumenau

Roteiro

- **Introdução**
- **Formulação do Problema**
- **Representação na Prática**
- **Objetivos do trabalho**
- **Fundamentação teórica – algoritmos**
- **Modelo de Otimização - PO**
- **Contexto Atual**
- **Desenvolvimento**
 - **Requisitos, Especificação (Diagrama de Contexto, DFD, DER, Modelo Físico)**
 - **Implementação: Ferramentas e técnicas**
- **Operacionalidade: Estudo de Caso**
- **Conclusão**
- **Sugestões Futuras**

Introdução

- Estudo sobre o corte bidimensional, problema que aparece no processo de produção de indústrias que utilizam papelão reciclado, placas de aço, vidro, papel, filme, plástico, couro, tecido e madeira, no qual o material bruto (matéria-prima) e produto final tem formato retangular.
- Mais especificamente é tratado o corte de papelão, onde é utilizado como ferramenta para a fissão, uma guilhotina.



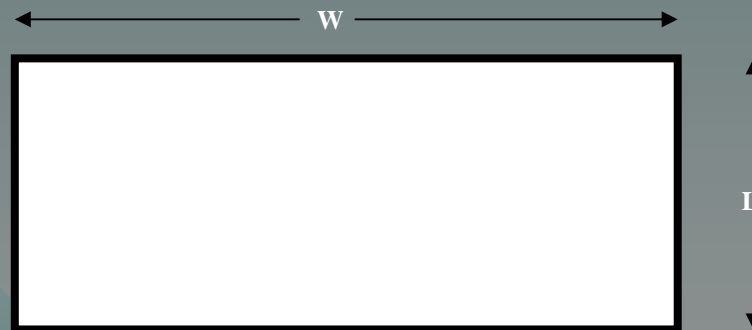
Formulação do problema:

- placas de tamanho padrão $L \times W$,
- itens retangulares de dimensões $l_i \times w_i$, $i = 1 \dots n$,
- demanda b_i para cada item.

Representação=>

Representação do Problema de Corte Bidimensional

Peça Padrão, tamanho $L \times W$:



Itens pedidos:

$$l_1 \times w_1$$

$$l_2 \times w_2$$

$$l_3 \times w_3$$

Para cada item, uma demanda b_i

Objetivos do trabalho

- algoritmo que, baseado em técnicas da programação linear inteira, facilite o processo de corte das peças de papelão, fornecendo um layout da disposição dos retângulos de forma otimizada.
- módulo de controle de estoques que mantenha os dados principais dos itens cortados, da matéria-prima e da programação de cortes de itens.

Fundamentação teórica

- **Algoritmo de Herz** para geração de padrões de corte:
 - Partindo-se das dimensões iniciais de uma placa, são enumeradas as combinações lineares dos retângulos a serem “inseridos” nesta placa.
 - Busca em árvore onde para cada combinação de pontos é verificado qual o retângulo que ocupa melhor a área desta combinação.

- **Método de geração de colunas** para a otimização:

- Tendo como base inicial padrões de corte compostos de apenas um tipo de cada retângulo, (padrões homogêneos), são testados se padrões de corte com mais de um retângulo (heterogêneos) otimizam o conjunto dos padrões iniciais em função da demanda de retângulos.

Modelo de Otimização

$$\{min\}Z = x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n$$

$$\text{sujeito a } P_1x_1 + P_2x_2 + \dots + P_nx_n \geq \mathbf{bk}$$

$$x_i \in \mathbb{Z}^+$$

\mathbf{b} = demanda de um retângulo \Rightarrow um determinado retângulo deve ser cortado pelo menos \mathbf{bk} vezes

Contexto Atual

- uma tese sobre o problema do corte bidimensional: visão geral de métodos exatos e heurísticos para o problema (Rangel, 1990).
- um trabalho de conclusão de curso sobre um sistema de controle de reservas de sala de aula da Universidade Regional de Blumenau: baseado principalmente em técnicas de alocação para a criação da grade de horários (Schoeffel, 2001).

Contexto Atual continuação...

- um relatório do projeto de iniciação científica onde o autor relaciona de uma melhor forma o problema do corte bidimensional com técnicas da PO, apresentando algoritmos para a solução do problema (Silva, 1999)

Desenvolvimento do Trabalho

- Requisitos principais do problema:
 - ⇒ número significativo de tamanhos diferentes dos retângulos existentes na linha de produção;
 - ⇒ quantidade significativa de padrões de corte que podem ser gerados em tempo hábil com estes diferentes retângulos;
 - ⇒ dificuldade de resolução de problemas de programação linear objetivando soluções inteiras.

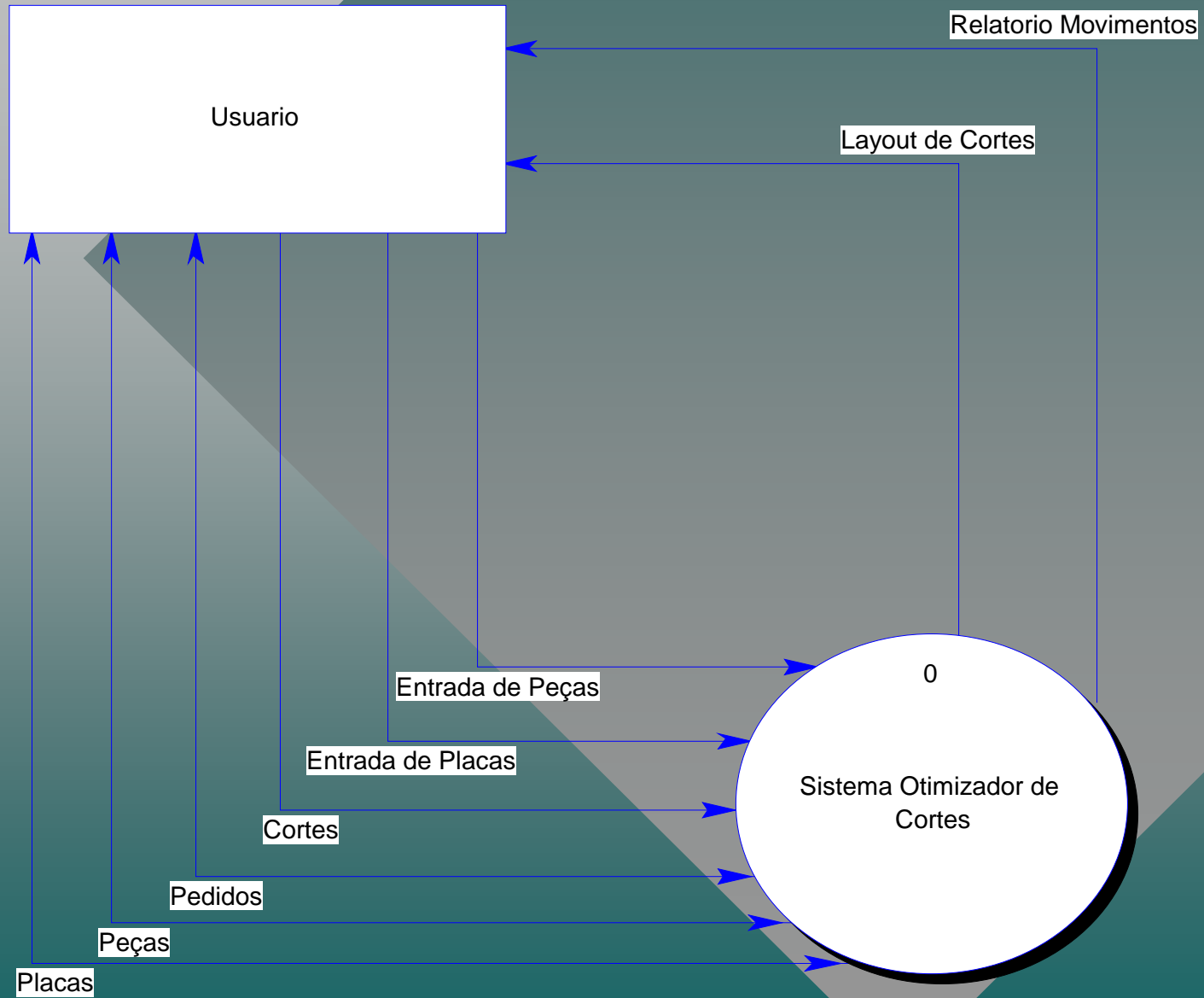
Especificação

- Metodologia e Ferramenta:
 - Utilização da Análise Essencial
 - Ferramenta CASE Power Designer adequada à Análise Essencial

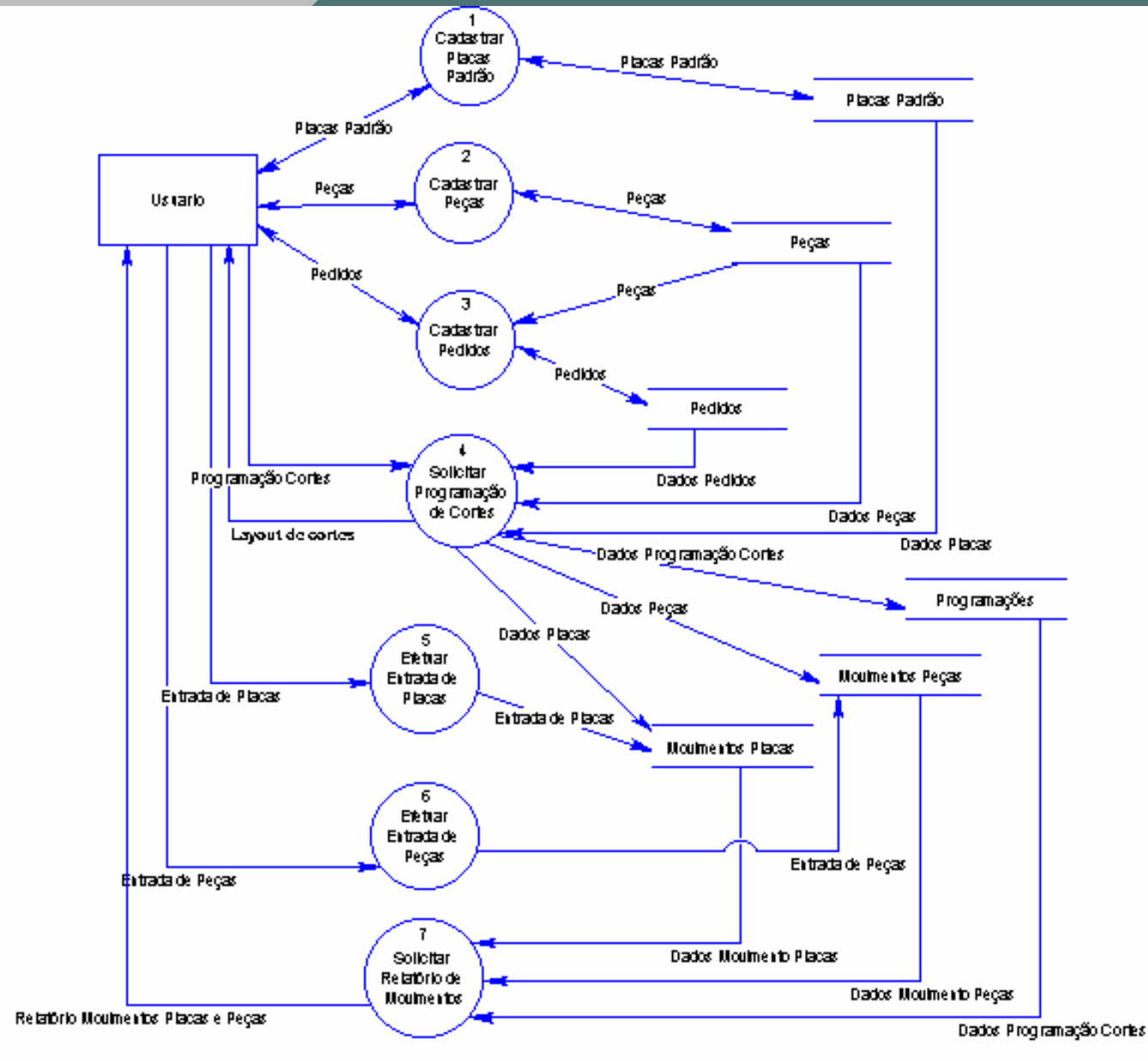
Apresentação da Especificação

- Modelo Ambiental:
 - Diagrama de Contexto;
- Modelo Comportamental:
 - Diagrama de Fluxo de Dados;
 - Diagrama Entidades-Relacionamentos;
- Modelo de Implementação:
 - Modelo Físico de Dados.

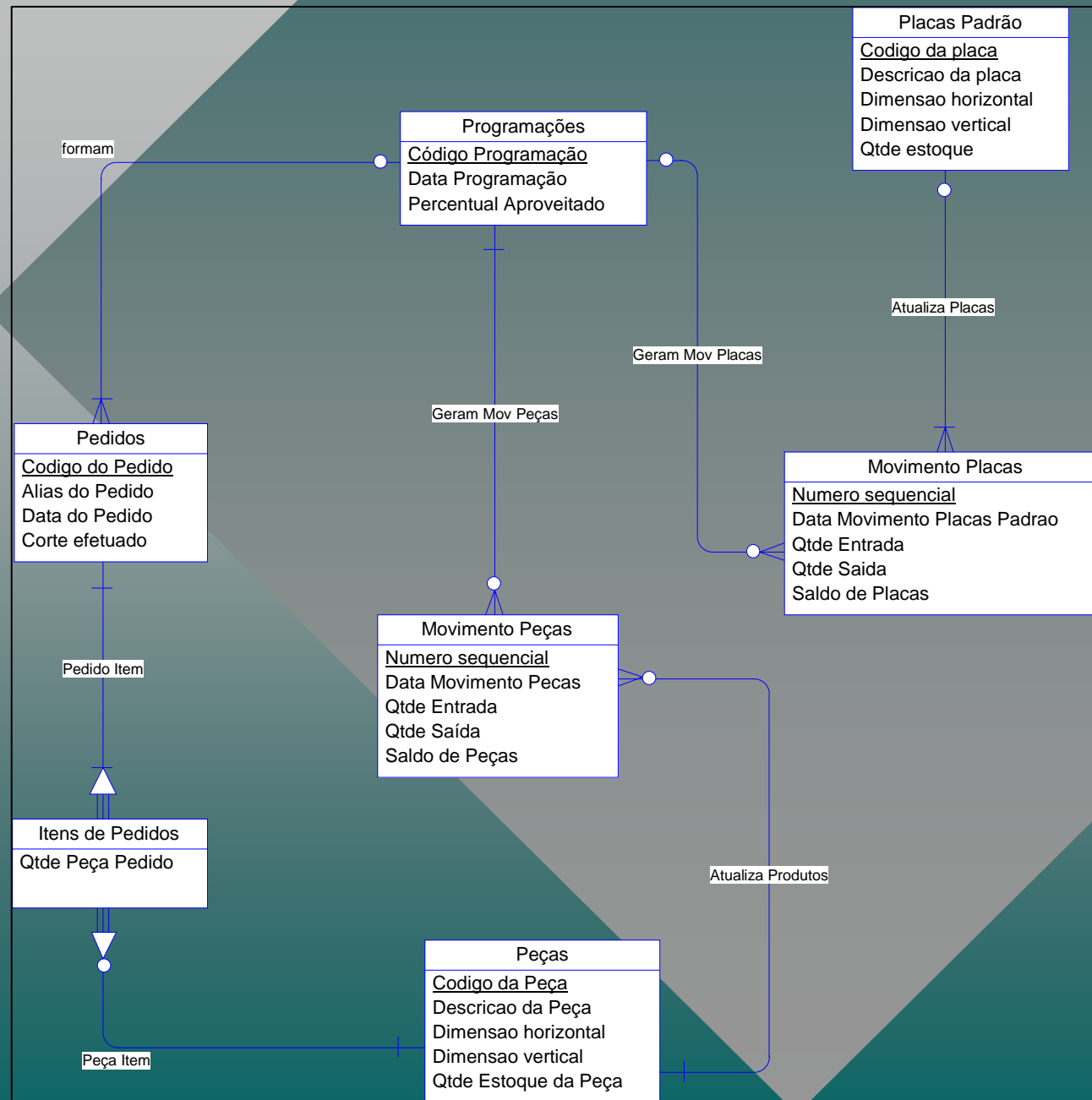
Diagrama de Contexto



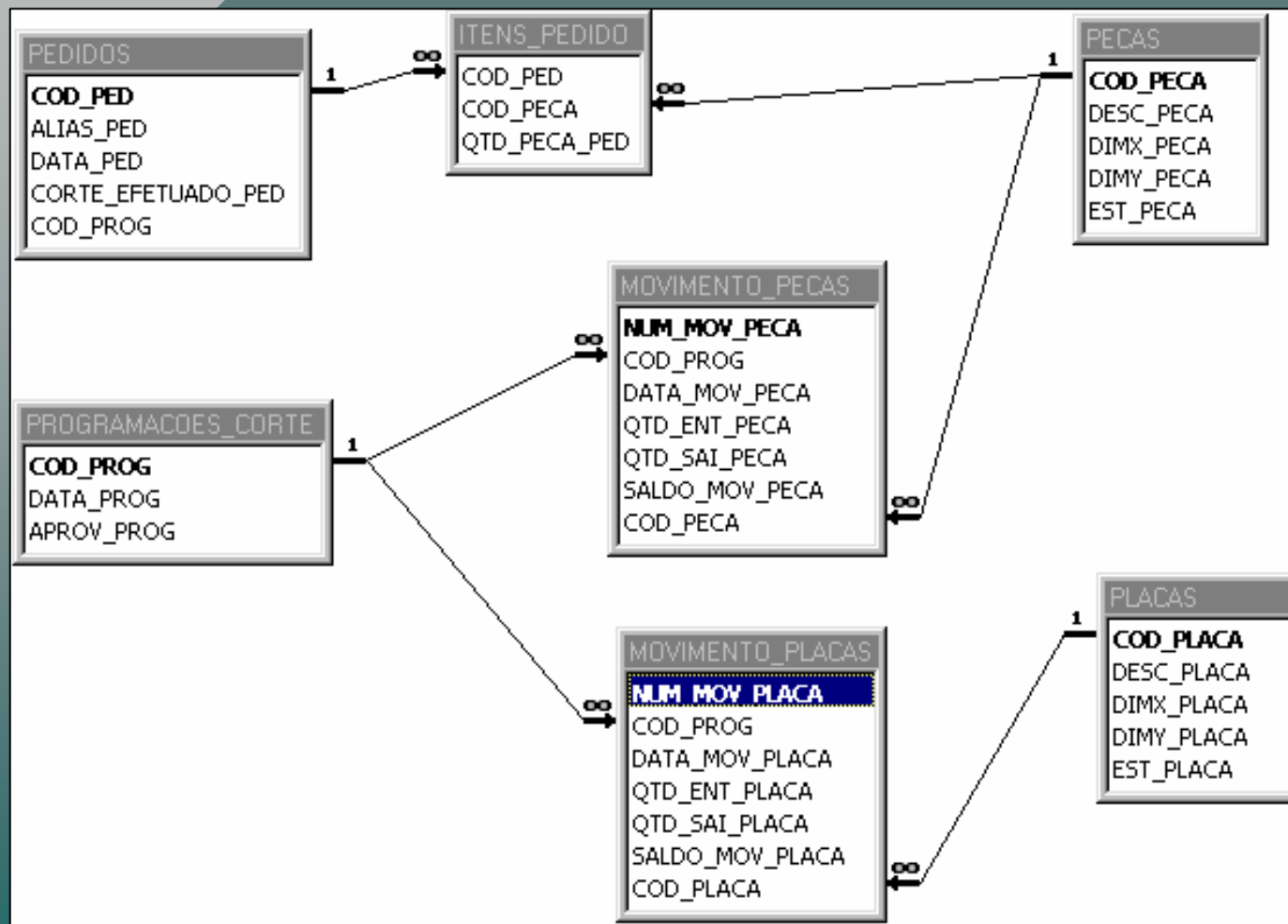
Modelo Comportamental: DFD



Modelo Comportamental: DER



Modelo de Implementação: Modelo Físico de Dados



Implementação

- Ferramentas utilizadas:
 - Banco de Dados Access - Criação do Banco de Dados através da ferramenta CASE Power Designer;
 - Ambiente de Desenvolvimento Borland C++ Builder;
 - Algoritmos baseados no trabalho de Silva (1999).

Operacionalidade

- Estudo de Caso:
 - Dimensões da Placa Utilizada: 100 x 100
 - Peças demandadas:

Peça	Dimensão horizontal	Dimensão vertical	Demanda
P01	19	19	125
P02	20	30	90
P03	60	24	200
P04	8	33	150

- Inclusões

- Placas

The 'Placas' window contains a form with the following fields:

- Código da Placa: 5
- Descrição da Placa: PLACA TESTE TCC
- Dimensão horizontal: 100
- Dimensão vertical: 100
- Qtde em estoque: 0

Tipos de Placas Cadastradas:

Código	Descrição	Dim. horizontal	Dim. vertical	Estoque
4	PAPEL BRANCO G.100	100	80	3600
5	PLACA TESTE TCC	100	100	0
6	PLACA TESTE	500	400	1650
7	PLACA TESTE PEQUENA	10	10	1500
150	PLACA TESTE TCC2	170	85	0

- Movimento Estoque

The 'Entrada de Placas em Estoque' window contains the following fields and buttons:

- Selezione a Placa: PLACA TESTE TCC (dropdown menu)
- Quantidade: 1000 (text input)
- Saldo em Estoque: 1000 (text input)
- Buttons: Inserir, Sair

- Peças

Peças

⏪ ⏩ + - ▲ ✓ ✕ ↻

Código da Peça:

Descrição da Peça:

Dimensão horizontal:

Dimensão vertical:

Qtde em estoque:

Tipos de peças existentes:

	Código	Descrição da peça:	Dim. horizontal	Dim. vertical	Estoque	
▶	1	P01	19	19	0	
	2	P02	20	30	0	
	3	P03	60	24	0	
	4	P04	8	33	0	

- Pedidos de Peças

Pedidos de Peças

⏪ ⏩ + - ⏴ ⏵ ✓ ✕ ↻

Número: Cliente: Data/Hora do Pedido:

Retirar da fila de cortes

Programação:

Itens do pedido:

Selecione a peça: Quantidade:

	Código da peça	Descrição	dim. hor.	dim. vert.	Quantidade
▶	1	P01	19	19	125
	2	P02	20	30	90
	3	P03	60	24	200
	4	P04	8	33	150

- Solicitação de Corte

Programação de Cortes

Programação: Data:

Selecione a Placa a utilizar: tempo max. de cálculo (min.)
2 5 10 20 60

Dimensões da Placa: x

	Dim. horizontal	Dim. vertical	Área (peso)	Demanda total	Peça	Estoque	
▶	8	33	264	150	4	0	
	19	19	361	125	1	0	
	20	30	600	90	2	0	
	60	24	1440	200	3	0	

Resultado da Programação de Corte

Corte de Peças Retangulares

Programação: 16

19,0	33,0	33,0	33,0	33,0	33,0	33,0	33,0	33,0	33,0	33,0	33,0
5 19,0											
19,0	21 8,0	22 8,0	23 8,0	24 8,0	25 8,0	26 8,0	27 8,0	28 8,0	29 8,0	30 8,0	
4 19,0	33,0	33,0	33,0	33,0	33,0	33,0	33,0	33,0	33,0	33,0	
19,0											
3 19,0	11 8,0	12 8,0	13 8,0	14 8,0	15 8,0	16 8,0	17 8,0	18 8,0	19 8,0	20 8,0	
19,0	33,0	33,0	33,0	33,0	33,0	33,0	33,0	33,0	33,0	33,0	
2 19,0											
19,0											
1 19,0	1 8,0	2 8,0	3 8,0	4 8,0	5 8,0	6 8,0	7 8,0	8 8,0	9 8,0	10 8,0	

100

Area Total 10000
 Ocupação 9725
 Aproveitamento 97,25%
 No. do Padrão 1
 Cortar 4 vezes (Real: 3,378)

Corte de Peças Retangulares

Programação: 16

33,0	33,0	33,0	19,0	19,0	19,0	19,0
			17 19,0	18 19,0	19 19,0	20 19,0
7 8,0	8 8,0	9 8,0	19,0	19,0	19,0	19,0
33,0	33,0	33,0	13 19,0	14 19,0	15 19,0	16 19,0
			19,0	19,0	19,0	19,0
4 8,0	5 8,0	6 8,0	9 19,0	10 19,0	11 19,0	12 19,0
33,0	33,0	33,0	19,0	19,0	19,0	19,0
			5 19,0	6 19,0	7 19,0	8 19,0
			19,0	19,0	19,0	19,0
1 8,0	2 8,0	3 8,0	1 19,0	2 19,0	3 19,0	4 19,0

100

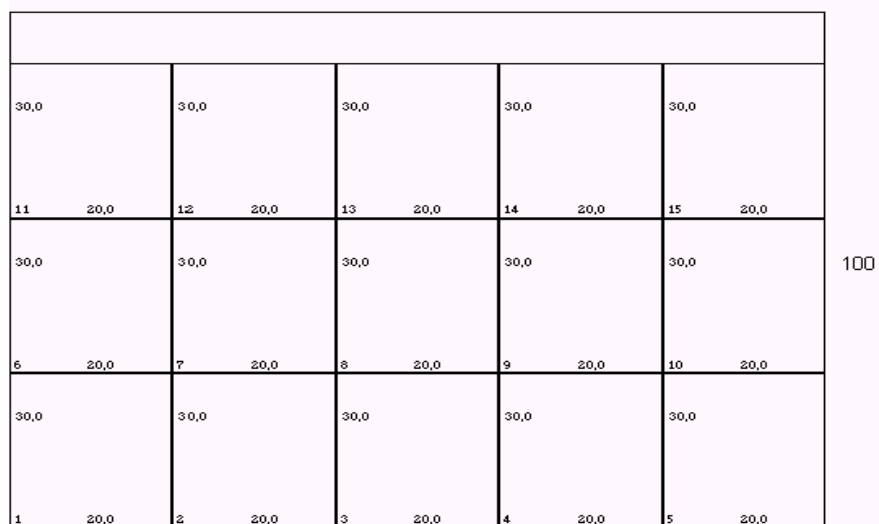
100

Area Total 10000
 Ocupação 9596
 Aproveitamento 95,96%
 No. do Padrão 2
 Cortar 6 vezes (Real: 5,405)

Continuação...

Corte de Peças Retangulares

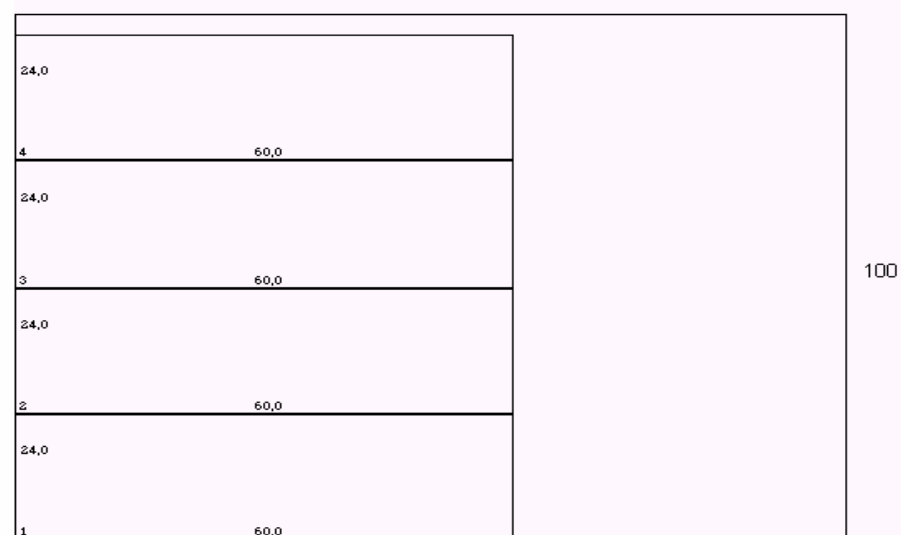
Programação: 16



Area Total 10000
Ocupação 9000
Aproveitamento 90,00%
No. do Padrão 3
Cortar 6 vezes (Real: 6,000)

Corte de Peças Retangulares

Programação: 16



Area Total 10000
Ocupação 5760
Aproveitamento 57,60%
No. do Padrão 4
Cortar 50 vezes (Real: 50,000)

Conclusão

- Complexidade do Problema;
- Objetivo adequado ao tipo de aplicação;
- Algoritmos não executam busca exaustiva, reduzindo assim o tempo de execução;
- Estoques para as sobras são reutilizados em novos cortes.

Sugestões Futuras

- Utilização de Algoritmos mais aproximados à solução exata;
- Atualização automática das sobras de cortes.