Especificação Formal da LVideo - Um Sistema Para o Controle de Uma Locadora

André José Diniz Barboza
Francisco do Nascimento Júnior
Patrícia Maforte dos Santos

Professor Augusto Sampaio

May 15, 2001

Abstract

Este documento apresenta a especificação formal LVídeo, um sistema que tem como objetivo controlar empréstimos em uma locadora especificando objetos que compõe uma locadora.

1 Descrição Informal

1.1 Introdução

Para a especificação do nosso projeto, declaramos componentes que definem informações e operações sobre o siste ma, descrevendo seus comportamentos através de predicados lógicos. Desta forma, estes componentes indicam as condições nas quais o sistema terá êxi to.

1.2 Funcionalidades do Sistema

As principais funções do sistema serão:

- Cadastrar um cliente;
- Cadastrar um funcionário;
- Cadastrar uma fita;
- Remover um cliente;
- Remover um funcionário;
- Remover uma fita;
- Consultar um cliente;
- Consultar um funcionário;
- Consultar uma fita;
- Alterar os dados de um cliente;
- Alterar os dados de um funcionário;
- Alterar os dados de uma fita;
- Realizar o empréstimo de uma fita;
- Realizar a devolução de uma fita;
- Alterar a data atual;
- Alterar o nome da locadora;
- Listar o histórico de empréstimos do cliente;
- Verificar o estoque disponivel de uma fita;

2 Especificação Formal em Z

2.1 Tipos de Dados

2.1.1 Given Sets

$$[STRING, CODIGOFITA, MATRICULA, CODIGOCLIENTE]$$

2.1.2 FreeTypes

$$
\begin{aligned}
MENSAGEM ::= {} & ClienteInexistente \\
| {} & ClienteJaCadastrado \\
| {} & ClienteSemEmprestimo \\
| {} & FuncionarioInexistente \\
| {} & FuncionarioJaCadastrado \\
| {} & FuncionarioInexistenteEmprestimo \\
| {} & FitaInexistente \\
| {} & DevolucaoEfetuada \\
| {} & FitaEmprestada \\
| {} & FitaNaoDisponivel \\
| {} & FitaInexistenteEmprestimo \\
| {} & FitaNaoEmprestada \\
| {} & CodigoErrado \\
| {} & TituloErrado
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
MENSAGEMPRAZO ::= {} & NOPRAZO \\
| {} & PRAZOVENCIDO
\end{aligned}
$$

2.2 Definição dos Estados do Sistema

2.2.1 DATA

DATA

$dia : \mathbb{N}$
$mes : \mathbb{N}$
$ano : \mathbb{N}$

$((1 \leq mes) \wedge (mes \leq 12))$
$((mes \in \{1, 3, 5, 7, 8, 10, 12\}) \Rightarrow ((1 \leq dia) \wedge (dia \leq 31)))$
$((mes \in \{4, 6, 9, 11\}) \Rightarrow ((1 \leq dia) \wedge (dia \leq 30)))$
$((mes = 2 \wedge (ano \bmod 4) = 0) \Rightarrow ((1 \leq dia) \wedge (dia \leq 29)))$
$((mes = 2 \wedge (ano \bmod 4) \neq 0) \Rightarrow ((1 \leq dia) \wedge (dia \leq 28)))$

2.2.2 DADOS DO CLIENTE

DADOSCLIENTE

$nome : STRING$
$endereco : STRING$
$telefone : STRING$
$dataInscricao : DATA$
$multas : \mathbb{N}$

2.2.3 DADOS DO FITA

DADOSFITA

$titulo : STRING$
$genero : STRING$
$estoque : \mathbb{N}$
$disponiveis : \mathbb{N}$
$preco : \mathbb{N}$

$disponiveis \leq estoque$

2.2.4 DADOS DO FUNCIONARIO

DADOSFUNCIONARIO

$nome : STRING$
$endereco : STRING$
$telefone : STRING$

2.2.5 DADOS DO EMPRESTIMO

DADOSEMPRESTIMO

$codigoFita : CODIGOFITA$
$matriculaFuncionario : MATRICULA$
$dataEmprestimo : DATA$
$dataDevolucao : DATA$

2.2.6 HISTORICO

$$
\begin{array}{|l}
\hline
\textit{HISTORICO} \\
dataEmprestimo : DATA \\
dataDevolucao : DATA \\
codigoFita : CODIGOFITA \\
codigoCliente : CODIGOCLIENTE \\
matriculaFuncionario : MATRICULA \\
devolucao : MENSAGEMPRAZO \\
\hline
\end{array}
$$

2.3 Definições Axiomáticas

2.3.1 Verifica Prazo de entrega do empréstimo

$$
\begin{array}{|l}
VerificaPrazo : (DATA \times DATA) \nrightarrow MENSAGEMPRAZO \\
\hline
\forall\, d1, d2 : DATA \\
|(d1 \in \mathrm{dom}(\mathrm{dom}\, VerificaPrazo) \land d2 \in \mathrm{ran}(\mathrm{dom}\, VerificaPrazo)) \\
@((((d1.ano < d2.ano) \lor ((d1.ano = d2.ano) \land (d1.mes < d2.mes)) \lor \\
((d1.ano = d2.ano) \land (d1.mes = d2.mes) \land (d1.dia \leq d2.dia))) \\
\Rightarrow VerificaPrazo(d1, d2) = NOPRAZO) \land \\
(((d1.ano > d2.ano) \lor ((d1.ano = d2.ano) \land (d1.mes > d2.mes)) \lor \\
((d1.ano = d2.ano) \land (d1.mes = d2.mes) \land (d1.dia > d2.ano))) \\
\Rightarrow VerificaPrazo(d1, d2) = PRAZOVENCIDO))
\end{array}
$$

2.3.2 Verifica o preço total dos empréstimos

$$
\begin{array}{|l}
TotalEmprestimos : (CODIGOCLIENTE \leftrightarrow DADOSEMPRESTIMO) \nrightarrow \mathbb{N} \\
\hline
\forall\, R : (CODIGOCLIENTE \leftrightarrow DADOSEMPRESTIMO) \\
@TotalEmprestimos \varnothing = 0 \land \\
(\exists\, dE : DADOSEMPRESTIMO | dE \in (\mathrm{ran}\, R) \\
\Rightarrow TotalEmprestimosR = dE.precoFita + TotalEmprestimo(R \rhd \{x\}))
\end{array}
$$

2.3.3 Calcula a data da devolução

$$
\begin{array}{|l}
DataDevolucao : (DATA \times \mathbb{N}) \nrightarrow DATA \\
\hline
\forall\, d1, d2 : DATA \\
|(d1 \in \mathrm{dom}(\mathrm{dom}\, DataDevolucao) \land d2 \in \mathrm{ran}\, DataDevolucao) \\
@(\exists\, n : \mathbb{N} | n \in \mathrm{ran}(\mathrm{dom}\, DataDevolucao) \\
@(((d1.mes \in \{1, 3, 5, 7, 8, 10, 12\} \land d2.dia = (d1.dia + n) \bmod 31 \land \\
d2.mes = (d1.mes + ((d1.dia + n) \operatorname{div} 31)) \bmod 12 \land \\
d2.ano = (d1.ano + (d1.mes + ((d1.dia + n) \operatorname{div} 31)) \operatorname{div} 12)) \\
\Rightarrow DataDevolucao(d1, n) = d2) \land \\
((d1.mes \in \{4, 6, 9, 11\} \land d2.dia = (d1.dia + n) \bmod 30 \land \\
d2.mes = (d1.mes + ((d1.dia + n) \operatorname{div} 30)) \bmod 12 \land \\
d2.ano = (d1.ano + (d1.mes + ((d1.dia + n) \operatorname{div} 30)) \operatorname{div} 12)) \\
\Rightarrow DataDevolucao(d1, n) = d2) \land \\
((d1.mes \in \{2\} \land d2.dia = (d1.dia + n) \bmod 28 \land \\
d2.mes = (d1.mes + ((d1.dia + n) \operatorname{div} 28)) \bmod 12 \land \\
d2.ano = (d1.ano + (d1.mes + ((d1.dia + n) \operatorname{div} 28)) \operatorname{div} 12)) \\
\Rightarrow DataDevolucao(d1, n) = d2)))
\end{array}
$$

2.3.4 Restringe uma sequencia a uma outra com um cliente especifico

$$ListaHistoricoCliente : (\text{seq } HISTORICO \times CODIGOCLIENTE) \rightarrowtail \text{seq } HISTORICO$$

$$\forall seqHist : \text{seq } HISTORICO | seqHist \in \text{dom}(\text{dom } ListaHistoricoCliente) @ (\exists codC : CODIGOCLIENTE |$$
$$codC \in \text{ran}(\text{dom } ListaHistoricoCliente) @$$
$$((seqHist = \varnothing \Rightarrow ListaHistoricoCliente(seqHist, codC) = \varnothing)$$
$$\wedge (seqHist \neq \varnothing \wedge codC = (head\ \ seqHist).codigoCliente)$$
$$\Rightarrow ListaHistoricoCliente(seqHist, codC) = (head\ \ seqHist) \frown ListaHistoricoCliente(tail\ seqHist, codC))$$
$$\wedge (codC \neq (head\ \ seqHist).codigoCliente$$
$$\Rightarrow ListaHistoricoCliente(seqHist, codC) = ListaHistoricoCliente(tail\ seqHist, codC)))$$

3 Estado do Sistema

3.1 LOCADORA

$LOCADORA$

$$nomeLocadora : STRING$$
$$dataAtual : DATA$$
$$fitas : CODIGOFITA \rightarrowtail DADOSFITA$$
$$funcionarios : MATRICULA \rightarrowtail DADOSFUNCIONARIO$$
$$clientes : CODIGOCLIENTE \rightarrowtail DADOSCLIENTE$$
$$emprestimos : CODIGOCLIENTE \leftrightarrow DADOSEMPRESTIMO$$
$$historico : \text{seq } HISTORICO$$

$$(\text{dom } emprestimos) \subseteq (\text{dom } clientes)$$
$$\{x : CODIGOFITA | \exists d : DADOSEMPRESTIMO | (d \in (\text{ran } emprestimos)) @ d.codigoFita = x\} \subseteq (\text{dom } fitas)$$
$$\{y : MATRICULA | \exists d : DADOSEMPRESTIMO | (d \in (\text{ran } emprestimos)) @ d.codigoFuncionario = y\}$$
$$\subseteq (\text{dom } funcionarios)$$
$$\forall hist : HISTORICO | hist \in \text{ran } historico @ hist.codigoFita \in \text{dom } fitas \wedge hist.matriculaFuncionario \in \text{dom } funcionarios \wedge$$
$$hist.codigoCliente \in \text{dom } clientes$$

3.2 Inicializaçao do Sistema

$$
\begin{array}{|l}
\multicolumn{1}{l}{INIT} \\
\hline
LOCADORA' \\
\hline
nomeLocadora' = "LVideo" \\
dataAtual'.dia = 15 \\
dataAtual'.mes = 05 \\
dataAtual'.ano = 2001 \\
fitas' = \emptyset \\
funcionarios' = \emptyset \\
clientes' = \emptyset \\
emprestimos' = \emptyset \\
historico' = \emptyset \\
\hline
\end{array}
$$

3.3 Operacoes sobre data atual

3.3.1 Alterar data atual

$$
\begin{array}{|l}
\multicolumn{1}{l}{AlterarDataAtual} \\
\hline
\Delta LOCADORA \\
data? : DATA \\
\hline
dataAtual' = data? \\
nomeLocadora' = nomeLocadora \\
fitas' = fitas \\
funcionarios' = funcionarios \\
clientes' = clientes \\
emprestimos' = emprestimos \\
historico' = historico \\
\hline
\end{array}
$$

3.4 Operações sobre nome da locadora

3.4.1 Entra com o nome da locadora

$$
\begin{array}{|l}
\multicolumn{1}{l}{AlterarNomeLocadora} \\
\hline
\Delta LOCADORA \\
nomeLocadora? : STRING \\
\hline
dataAtual' = dataAtual \\
nomeLocadora' = nomeLocadora? \\
fitas' = fitas \\
funcionarios' = funcionarios \\
clientes' = clientes \\
emprestimos' = emprestimos \\
historico' = historico \\
\hline
\end{array}
$$

3.5 Operações sobre funcionários

3.5.1 Cadastro de Funcionários

$$
\begin{array}{|l}
\multicolumn{1}{l}{\textit{InserirFuncionario}} \\
\hline
\Delta LOCADORA \\
nome? : STRING \\
telefone? : STRING \\
endereco? : STRING \\
matFunc? : MATRICULA \\
\hline
matFunc? \notin (\mathrm{dom}\, funcionarios) \\
\exists f : DADOSFUNCIONARIO | \\
(f.nome = nome? \land f.telefone = telefone?) \land f.endereco = endereco? \\
@funcionarios' = funcionarios \oplus \{(matFunc? \mapsto f)\} \\
nomeLocadora' = nomeLocadora \\
fitas' = fitas \\
clientes' = clientes \\
emprestimos' = emprestimos \\
dataAtual' = dataAtual \\
historico' = historico \\
\hline
\end{array}
$$

3.5.2 Remoção de Funcionários

$$
\begin{array}{|l}
\multicolumn{1}{l}{\textit{RemoverFuncionario}} \\
\hline
\Delta LOCADORA \\
matFunc? : MATRICULA \\
\hline
matFunc? \in (\mathrm{dom}\, funcionarios) \\
funcionarios' = \{matFunc?\} \lhd funcionarios \\
nomeLocadora' = nomeLocadora \\
fitas' = fitas \\
clientes' = clientes \\
emprestimos' = emprestimos \\
dataAtual' = dataAtual \\
historico' = historico \\
\hline
\end{array}
$$

3.5.3 Consulta de um funcionário

$$
\begin{array}{|l}
\multicolumn{1}{l}{\textit{ConsultarFuncionario}} \\
\hline
\Xi LOCADORA \\
matFunc? : MATRICULA \\
dados! : DADOSFUNCIONARIO \\
\hline
(matFunc? \in (\mathrm{dom}\, funcionarios)) \\
dados! = (funcionariosmatFunc?) \\
\hline
\end{array}
$$

3.5.4 Alterar dados do funcionário

$$
\begin{array}{|l}
\multicolumn{1}{l}{\underline{\ AlterarDadosFuncionario\ }} \\
\Delta LOCADORA \\
matFunc? : MATRICULA \\
dadosFunc? : DADOSFUNCIONARIO \\
\hline
matFunc? \in (\mathrm{dom}\, funcionarios) \\
funcionarios' = funcionarios \oplus \{(matFunc? \mapsto dadosFunc?)\} \\
nomeLocadora' = nomeLocadora \\
fitas' = fitas \\
clientes' = clientes \\
emprestimos' = emprestimos \\
dataAtual' = dataAtual \\
historico' = historico \\
\hline
\end{array}
$$

3.6 Operacoes sobre Fitas

3.6.1 Cadastrar um fita no estoque da locadora

$$
\begin{array}{|l}
\multicolumn{1}{l}{\underline{\ InserirFita\ }} \\
\Delta LOCADORA \\
codf? : CODIGOFITA \\
t? : STRING \\
\hline
((codf? \in (\mathrm{dom}\, fitas) \wedge (fitascodf?).titulo = t?)) \\
\exists f : DADOSFITA | \\
(((f.titulo = (fitascodf?).titulo \wedge f.genero = (fitascodf?).genero) \\
\wedge f.preco = (fitascodf?).preco) \wedge (f.estoque = (fitascodf?).estoque + 1)) \wedge \\
(f.disponiveis = (fitascodf?).disponiveis + 1)@ \\
fitas' = fitas \oplus \{(codf? \mapsto f)\} \\
clientes' = clientes \\
emprestimos' = emprestimos \\
nomeLocadora' = nomeLocadora \\
funcionarios' = funcionarios \\
dataAtual' = dataAtual \\
historico' = historico \\
\hline
\end{array}
$$

3.6.2 Cadastrar nova fita no estoque da locadora

$$
\begin{array}{|l}
\multicolumn{1}{l}{\textit{InserirNovaFita}} \\
\hline
\Delta LOCADORA \\
codf? : CODIGOFITA \\
t? : STRING \\
g? : STRING \\
p? : \mathbb{N} \\
\hline
codf? \notin (\mathrm{dom}\, fitas) \\
\exists f : DADOSFITA | \\
(((f.titulo = t? \land f.genero = g?) \land f.preco = p?) \land f.estoque = 1) \land f.disponiveis = 1 @ \\
fitas' = fitas \oplus \{(codf? \mapsto f)\} \\
clientes' = clientes \\
emprestimos' = emprestimos \\
nomeLocadora' = nomeLocadora \\
funcionarios' = funcionarios \\
dataAtual' = dataAtual \\
historico' = historico \\
\hline
\end{array}
$$

3.6.3 Remover uma fita do estoque da locadora

$$
\begin{array}{|l}
\multicolumn{1}{l}{\textit{RemoverFita}} \\
\hline
\Delta LOCADORA \\
codf? : CODIGOFITA \\
\hline
(codf? \in (\mathrm{dom}\, fitas) \land \\
(fitas codf?).disponiveis = 1 \land \\
(fitas codf?).estoque = 1 \land \\
fitas' = \{codf?\} \lhd fitas) \lor \\
((codf? \in (\mathrm{dom}\, fitas) \land \\
(fitas codf?).disponiveis > 1) \Rightarrow (\exists f : DADOSFITA | \\
f.titulo = (fitas codf?).titulo \land f.preco = (fitas codf?).preco \land \\
f.genero = (fitas codf?).genero \land (f.estoque = (fitas codf?).estoque - 1) \land \\
(f.disponiveis = (fitas codf?).disponiveis - 1) \\
@ fitas' = fitas \oplus \{(codf? \mapsto f)\})) \\
clientes' = clientes \\
emprestimos' = emprestimos \\
nomeLocadora' = nomeLocadora \\
funcionarios' = funcionarios \\
dataAtual' = dataAtual \\
historico' = historico \\
\hline
\end{array}
$$

3.6.4 Verificar o estoque disponivel de uma fita

$$
\begin{array}{|l}
\multicolumn{1}{l}{\textit{Disponiveis}} \\
\hline
\Xi LOCADORA \\
codf? : CODIGOFITA \\
disponiveis! : \mathbb{N} \\
\hline
codf? \in (\mathrm{dom}\, fitas) \\
disponiveis! = (fitas codf?).disponiveis \\
\hline
\end{array}
$$

3.6.5 Consultar Fita

$$
\begin{array}{|l}
\multicolumn{1}{l}{\textit{ConsultarFita}} \\
\hline
\Xi LOCADORA \\
codF? : CODIGOFITA \\
dadosF! : DADOSFITA \\
\hline
codF? \in (\mathrm{dom}\, fitas) \\
dadosF! = (fitas codF?) \\
\hline
\end{array}
$$

3.7 Operações sobre clientes

3.7.1 Cadastrar um cliente na Locadora

$$
\begin{array}{|l}
\multicolumn{1}{l}{\textit{InserirCliente}} \\
\hline
\Delta LOCADORA \\
codc? : CODIGOCLIENTE \\
dadosC? : DADOSCLIENTE \\
\hline
codc? \notin (\mathrm{dom}\, clientes) \\
clientes' = clientes \oplus \{(codc? \mapsto dadosC?)\} \\
fitas' = fitas \\
funcionarios' = funcionarios \\
historico' = historico \\
emprestimos' = emprestimos \\
dataAtual' = dataAtual \\
\hline
\end{array}
$$

3.7.2 Remover um cliente da Locadora

$$
\begin{array}{|l}
\multicolumn{1}{l}{\textit{RemoverCliente}} \\
\hline
\Delta LOCADORA \\
c? : CODIGOCLIENTE \\
\hline
c? \in (\mathrm{dom}\, clientes) \\
clientes' = \{c?\} \lhd clientes \\
fitas' = fitas \\
funcionarios' = funcionarios \\
emprestimos' = emprestimos \\
dataAtual' = dataAtual \\
historico' = historico \\
\hline
\end{array}
$$

3.7.3 Consultar cliente pelo seu codigo

$$
\begin{array}{|l}
\multicolumn{1}{l}{\textit{ConsultarCliente}} \\
\hline
\Xi LOCADORA \\
c? : CODIGOCLIENTE \\
dados! : DADOSCLIENTE \\
\hline
c? \in (\mathrm{dom}\, clientes) \\
dados! = clientes c? \\
\hline
\end{array}
$$

3.7.4 Alterar dados do cliente

$$
\begin{array}{|l}
\multicolumn{1}{l}{\textit{AlterarCliente}} \\
\Delta LOCADORA \\
codc? : CODIGOCLIENTE \\
dadosC? : DADOSCLIENTE \\
\hline
codc? \in (\mathrm{dom}\, clientes) \\
clientes' = clientes \oplus \{(codc? \mapsto dadosC?)\} \\
nomeLocadora' = nomeLocadora \\
emprestimos' = emprestimos \\
funcionarios' = funcionarios \\
dataAtual' = dataAtual \\
historico' = historico
\end{array}
$$

3.7.5 Listar histórico do cliente

$$
\begin{array}{|l}
\multicolumn{1}{l}{\textit{ListarHistoricoCliente}} \\
\Xi LOCADORA \\
codCliente? : CODIGOCLIENTE \\
histCli! : \mathrm{seq}\, HISTORICO \\
histCli2! : \mathrm{seq}\, HISTORICO \\
\hline
histCli! = ListaHistoricoCliente(historico, codCliente?) \\
histCli2! = historico \upharpoonright \{hist : HISTORICO | hist \in \mathrm{ran}\, historico \wedge hist.codigoCliente = codCliente?\}
\end{array}
$$

3.8 Operações sobre empréstimos

3.8.1 Fazer Empréstimo

$$
\begin{array}{|l}
\multicolumn{1}{l}{\textit{RealizarEmprestimo}} \\
\Delta LOCADORA \\
codC? : CODIGOCLIENTE \\
codF? : CODIGOFITA \\
matFunc? : MATRICULA \\
dataDevolucao? : DATA \\
\hline
codF? \in (\mathrm{dom}\, fitas) \\
((fitascodF?).disponiveis > 0) \\
\exists\, dadosE : DADOSEMPRESTIMO | dadosE.codigoFita = codF? \wedge dadosE.matriculaFuncionario = matFunc? \wedge \\
dadosE.dataEmprestimo = dataAtual \wedge dadosE.dataDevolucao = dataDevolucao? @ \\
(emprestimos' = emprestimos \cup \{codC? \mapsto dadosE\}) \\
\exists\, df : DADOSFITA | df.titulo = (fitascodF?).titulo \wedge df.genero = (fitascodF?).genero \wedge \\
df.estoque = (fitascodF?).estoque \wedge df.disponiveis = ((fitascodF?).disponiveis - 1) @ \\
(fitas' = fitas \oplus \{codF? \mapsto df\}) \\
clientes' = clientes \\
funcionarios' = funcionarios \\
nomeLocadora' = nomeLocadora \\
dataAtual' = dataAtual \\
historico' = historico
\end{array}
$$

3.8.2 Fazer Devolução

Devolucao

$\Delta LOCADORA$
$codC? : CODIGOCLIENTE$
$codF? : CODIGOFITA$

$codC? \in \mathrm{dom}\, clientes$
$codF? \in \mathrm{dom}\, fitas$
$\exists\, dE : DADOSEMPRESTIMO |$
$(dE \in \mathrm{ran}(\{codC?\} \lhd emprestimos) \land dE.codigoFita = codF?)@$
$emprestimos' = emprestimos \rhd \{dE\}$
$\exists\, dF : DADOSFITA | (dF.titulo = (fitascodF?).titulo \land dF.genero = (fitascodF?).genero \land$
$dF.estoque = (fitascodF?).estoque \land dF.preco = (fitascodF?).preco \land dF.disponiveis = (fitascodF?).disponiveis + 1)@$
$fitas' = fitas \oplus \{(codF? \mapsto dF)\}$
$clientes' = clientes$
$dataAtual' = dataAtual$
$funcionarios' = funcionarios$
$nomeLocadora' = nomeLocadora$
$historico' = historico$

4 Tratamento de Erros

4.1 Tratamento de rros das operações sobre funcionários

4.1.1 Funcionário já existente

FuncionarioJaExistente

$\Xi LOCADORA$
$mens! : MENSAGEM$
$matFunc? : MATRICULA$

$matFunc? \in (\mathrm{dom}\, funcionarios)$
$mens! = FuncionarioJaCadastrado$

4.1.2 Funcionário inexistente

FuncionarioInexistente

$\Xi LOCADORA$
$matFunc? : MATRICULA$
$mens! : MENSAGEM$

$matFunc? \notin (\mathrm{dom}\, funcionarios)$
$mens! = FuncionarioInexistente$

4.2 Tratamento de erros das operações sobre clientes

4.2.1 Cliente já existente

$$
\begin{array}{|l}
\textit{ClienteJaExistente} \\
\hline
\Xi LOCADORA \\
mens! : MENSAGEM \\
codCli? : CODIGOCLIENTE \\
\hline
codCli? \in (\mathrm{dom}\ clientes) \\
mens! = ClienteJaCadastrado \\
\hline
\end{array}
$$

4.2.2 Cliente não Cadastrado

$$
\begin{array}{|l}
\textit{ClienteInexistente} \\
\hline
\Xi LOCADORA \\
codCli? : CODIGOCLIENTE \\
mens! : MENSAGEM \\
\hline
codCli? \notin (\mathrm{dom}\ clientes) \\
mens! = ClienteInexistente \\
\hline
\end{array}
$$

4.3 Tratamento de erros das operações sobre fitas

4.3.1 Fita não Cadastrada

$$
\begin{array}{|l}
\textit{FitaInexistente} \\
\hline
\Xi LOCADORA \\
codF? : CODIGOFITA \\
mens! : MENSAGEM \\
\hline
codF? \notin (\mathrm{dom}\ fitas) \\
mens! = FitaInexistente \\
\hline
\end{array}
$$

4.3.2 Fita emprestada

$$
\begin{array}{|l}
\textit{FitaEmprestada} \\
\hline
\Xi LOCADORA \\
codF? : CODIGOFITA \\
mens! : MENSAGEM \\
\hline
codF? \in (\mathrm{dom}\ fitas) \land (fitas codF?).disponiveis = 0 \\
mens! = FitaEmprestada \\
\hline
\end{array}
$$

4.3.3 Titulo Errado

$$
\begin{array}{|l}
\textit{TituloErrado} \\
\hline
\Xi LOCADORA \\
codF? : CODIGOFITA \\
t? : STRING \\
mens! : MENSAGEM \\
\hline
codF? \in (\mathrm{dom}\ fitas) \land (fitas codF?).titulo \neq t? \\
mens! = TituloErrado \\
\hline
\end{array}
$$

4.3.4 Código da Fita Errado

$$
\begin{array}{|l}
\multicolumn{1}{l}{\textit{CodigoErrado}} \\
\Xi LOCADORA \\
codF? : CODIGOFITA \\
t? : STRING \\
mens! : MENSAGEM \\
\hline
\forall cF : CODIGOFITA | cF \in (\mathrm{dom}\, fitas) @ \exists\, dF : DADOSFITA | dF = fitas cF \wedge dF.titulo = t? @ cF \neq codF? \\
mens! = CodigoErrado \\
\hline
\end{array}
$$

4.4 Tratamento de erros das operações sobre emprestimos

4.4.1 Fita não cadastrada no empréstimo

$$
\begin{array}{|l}
\multicolumn{1}{l}{\textit{FitaInexistenteEmprestimo}} \\
\Xi LOCADORA \\
dadosE? : DADOSEMPRESTIMO \\
mens! : MENSAGEM \\
\hline
dadosE?.codigoFita \notin (\mathrm{dom}\, fitas) \\
mens! = FitaInexistenteEmprestimo \\
\hline
\end{array}
$$

4.4.2 Funcionário não cadastrado no empréstimo

$$
\begin{array}{|l}
\multicolumn{1}{l}{\textit{FuncionarioInexistenteEmprestimo}} \\
\Xi LOCADORA \\
dadosE? : DADOSEMPRESTIMO \\
mens! : MENSAGEM \\
\hline
dadosE?.matriculaFuncionario \notin (\mathrm{dom}\, funcionarios) \\
mens! = FuncionarioInexistenteEmprestimo \\
\hline
\end{array}
$$

4.4.3 Fita não disponível - Empréstimo

$$
\begin{array}{|l}
\multicolumn{1}{l}{\textit{FitaNaoDisponivel}} \\
\Xi LOCADORA \\
dadosE? : DADOSEMPRESTIMO \\
mens! : MENSAGEM \\
\hline
(fitas(dadosE?.codigoFita)).disponiveis = 0 \\
mens! = FitaEmprestada \\
\hline
\end{array}
$$

4.4.4 Fita não emprestada

$$
\begin{array}{|l}
\multicolumn{1}{l}{\textit{FitaNaoEmprestada}} \\
\Xi LOCADORA \\
codF? : CODIGOFITA \\
mens! : MENSAGEM \\
\hline
\forall dE : DADOSEMPRESTIMO | dE \in (\mathrm{dom}\, emprestimos) @ dE.codigoFita \neq codF? \\
mens! = FitaNaoEmprestada \\
\hline
\end{array}
$$

4.4.5 Cliente sem emprestimos

$$\begin{array}{|l}
\multicolumn{1}{l}{\textit{ClienteSemEmprestimo}}\\
\Xi LOCADORA \\
codC? : CODIGOCLIENTE \\
mens! : MENSAGEM \\
\hline
\forall dE : DADOSEMPRESTIMO | dE \in (\mathrm{dom}\ emprestimos) @ dE.codigoCliente \neq codC? \\
mens! = ClienteSemEmprestimo \\
\hline
\end{array}$$

5 Operações Finais

5.1 Operações sobre funcionários finais

5.1.1 Cadastro de funcionários Final

$$CadastrarFuncionario \mathrel{\widehat=} InserirFuncionario \lor FuncionarioJaExistente$$

5.1.2 Remoção de Funcionários Final

$$RemoverFuncionarioFinal \mathrel{\widehat=} RemoverFuncionario \lor FuncionarioInexistente$$

5.1.3 Consulta de um funcionário Final

$$ConsultarFuncionarioFinal \mathrel{\widehat=} ConsultarFuncionario \lor FuncionarioInexistente$$

5.1.4 Alterar dados do funcionário Final

$$AlterarDadosFuncionarioFinal \mathrel{\widehat=} AlterarDadosFuncionario \lor FuncionarioInexistente$$

5.2 Operações sobre clientes finais

5.2.1 Cadastro de clientes Final

$$CadastrarCliente \mathrel{\widehat=} InserirFuncionario \lor FuncionarioJaExistente$$

5.2.2 Remoção de clientes Final

$$RemoverClienteFinal \mathrel{\widehat=} RemoverCliente \lor ClienteInexistente$$

5.2.3 Consulta de um clientes Final

$$ConsultarClienteFinal \mathrel{\widehat=} ConsultarCliente \lor ClienteInexistente$$

5.2.4 Alterar dados do clientes Final

$$AlterarDadosClienteFinal \mathrel{\widehat=} AlterarCliente \lor ClienteInexistente$$

5.2.5 Listar histórico do cliente final

$$ListarHistoricoClienteFinal \mathrel{\widehat=} ListarHistoricoCliente \lor ClienteInexistente$$

5.3 Operações sobre fitas finais

5.3.1 Cadastro de fitas Final

$$CadastroFitasFinal \mathrel{\widehat=} InserirFita \lor InserirNovaFita \lor TituloErrado$$

5.3.2 Remoção de fitas Final

$$RemoverFitaFinal \mathrel{\widehat=} RemoverFita \lor FitaInexistente$$

5.3.3 Consulta de uma fita Final

$$ConsultarFitaFinal \mathrel{\widehat=} ConsultarFita \lor FitaInexistente$$

5.3.4 Alterar preço de uma fita Final

$$AlterarPrecoFitaFinal \mathrel{\widehat=} AlterarPrecoFita \lor FitaInexistente$$

5.4 Operações sobre emprestimos finais

5.4.1 Emprestimo Final de fitas

$$\begin{aligned}&EmprestarFitas \mathrel{\widehat=} RealizarEmprestimo \lor FitaInexistente \lor FuncionarioInexistente\\&\lor FitaNaoDisponivel \lor FitaInexistenteEmprestimo\end{aligned}$$

5.4.2 Devolução de fitas Final

$$DevolverFita \mathrel{\widehat=} Devolucao \lor FitaNaoEmprestada \lor ClienteSemEmprestimo$$