QuadraSimples

Linguagem de Programação para Tênis

APS - Lógica da Computação

Insper - Engenharia da Computação

Daniel Marco Djanikian

Dezembro 2025

Motivação

Por que criar uma linguagem para tênis?

- **Treinos estruturados:** Descrever rotinas de forma programática
- **Simulação de partidas:** Reproduzir jogos com placar oficial
- **Domínio específico:** Comandos naturais para o contexto esportivo
- **Repetição e variação:** Loops e condicionais para padrões táticos
- **Análise de desempenho:** Variáveis para rastrear estatísticas

> **Diferencial:** Combina lógica de programação imperativa com vocabulário de tênis profissional.

Características da Linguagem

Categoria	Recursos
Estruturas Básicas	Variáveis, atribuição, expressões aritméticas e booleanas
Controle de Fluxo	`if/else`, `while`, blocos `{}`
Entrada/Saída	`readline()`, `log()`, `print()`
Comandos de Tênis	`sessao`, `etapa`, `saque`, `rally`, `point`, `ace`, `double_fault`
Gerenciamento de Jogo	`start_match`, `score`, `rename`, `config`
Tipos de Dados	Inteiros, booleanos, strings

Exemplo: Treino Básico Completo

```
sessao("Treino de Fundamentos") {
    etapa("Aquecimento", dur=15);

    contador = 0;
    while (contador < 10) {
        rally(8);
        point(A);
        contador = contador + 1;
    };

    descanso(5);

    etapa("Saques", reps=20);
    saque(A, "deuce");
    saque(B, "ad");
}

config(no_ad = true);
start_match(3, 6);
point(A);
ace(B);
score();
```

> **Vantagens:** Sintaxe clara e legível - Mistura comandos de domínio com lógica imperativa - Fácil de entender mesmo sem conhecer tênis.

Exemplo: Simulação de Partida Completa

```
start_match(3, 6);
config(no_ad = true);
rename(A, "Nadal");
rename(B, "Federer");

saque(A, "deuce");
rally(8);
point(A);
double_fault(B);

saque(B, "ad");
rally(12);
point(B);
ace(B);

score();
```

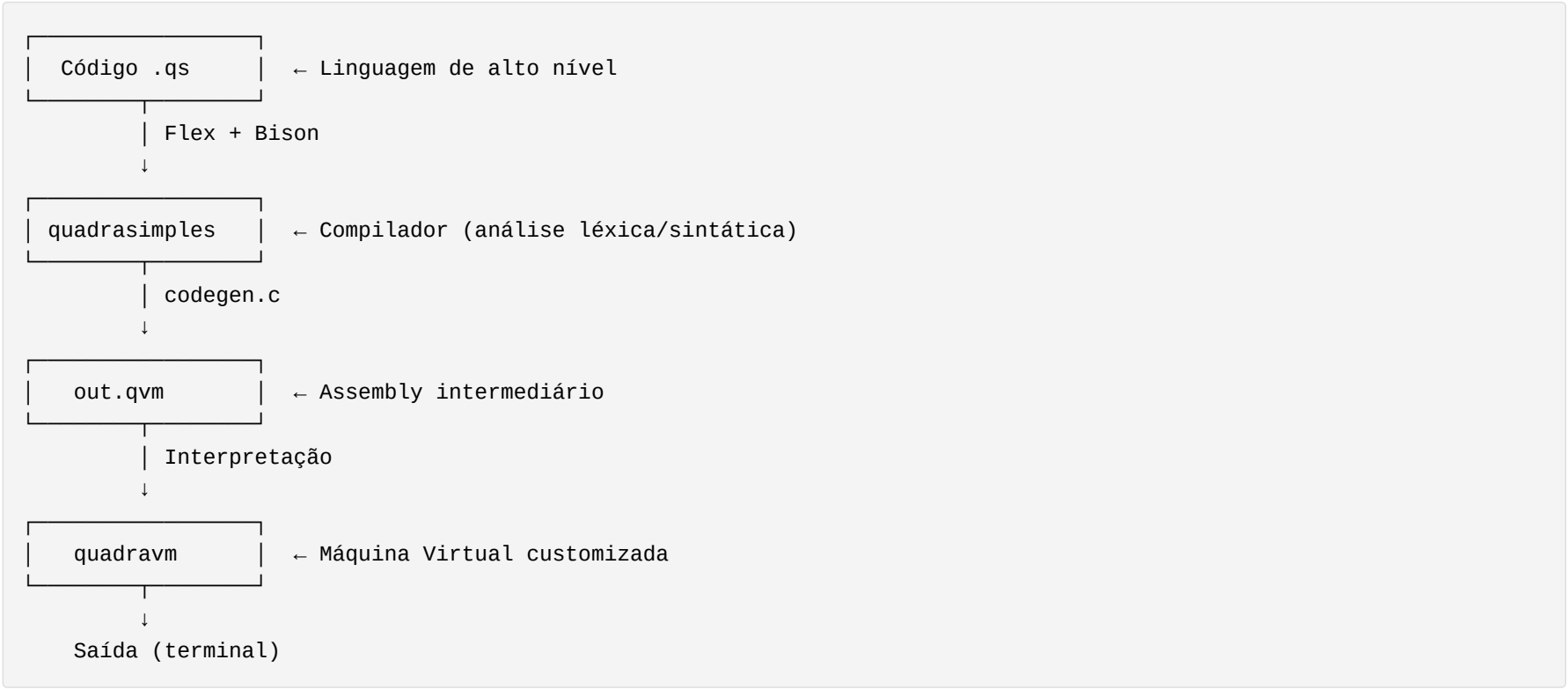
> **Saída:** Placar profissional com box-drawing Unicode.

Gramática EBNF - Resumo Estrutural

```
program = { statement } ;

statement = expr_stmt | if_stmt | while_stmt | sessao_stmt | block ;

Expressões:
expr_stmt = assignment | log_stmt | print_stmt | etapa_stmt
          | saque_stmt | rally_stmt | point_stmt | ace_stmt
          | score_stmt | rename_stmt | config_stmt ;

Controle de Fluxo:
if_stmt    = "if" , "(" , bool_expr , ")" , block , [ "else" , block ] , ";" ;
while_stmt = "while" , "(" , bool_expr , ")" , block , ";" ;

DSL de Tênis:
sessao_stmt = "sessao" , "(" , string , ")" , block , ";" ;
etapa_stmt  = "etapa" , "(" , string , "," , etapa_type , "=" , expression , ")" , ";" ;
rally_stmt  = "rally" , "(" , expression , ")" , ";" ;
point_stmt  = "point" , "(" , player , ")" , ";" ;

Expressões Booleanas:
bool_expr  = bool_term , { "||" , bool_term } ;
bool_term  = rel_expr , { "&&" , rel_expr } ;
rel_expr   = expression , [ rel_op , expression ] ;
rel_op     = "===" | ">" | "<" ;

Expressões Aritméticas:
expression = term , { add_op , term } ;
add_op     = "+" | "-" ;
term       = factor , { mul_op , factor } ;
mul_op     = "*" | "/" ;
factor     = number | identifier | sensor | "(" , bool_expr , ")"
           | "+" , factor | "-" , factor | "!" , factor ;
```

> **Documentação completa:** `docs/gramatica-ebnf.md`

Arquitetura do Sistema



QuadraVM - Máquina Virtual

Arquitetura Stack-Based com Registradores

Componente	Descrição
Stack	1024 elementos para operações aritméticas/lógicas
Variáveis	128 slots para armazenamento
Sensores read-only	`last_rally`, `total_points`
Registradores	`R0`, `R1` (uso geral) + match state (pontos, games, sets)
Labels	512 posições para saltos (if/while)
Match State	Rastreamento completo de placar de tênis

ISA - Instruction Set Architecture

Principais Categorias (40+ instruções)

- **Stack:** PUSH_NUM, POP, DUP
- **Aritmética:** ADD, SUB, MUL, DIV, MOD
- **Lógica:** AND, OR, NOT, EQ, LT, GT, LE, GE
- **Registradores:** LOAD_R0, LOAD_R1, PUSH_R0, PUSH_R1, INC_R0, DEC_R0, INC_R1, DEC_R1
- **Variáveis:** LOAD_VAR, STORE_VAR
- **Controle:** LABEL, JUMP, JZ, JNZ
- **I/O:** READLINE, LOG, PRINT
- **Tênis:** START_MATCH, ADD_POINT, PRINT_SCORE, SET_CONFIG, etc.

Turing-Completude

QuadraVM é equivalente a uma Counter Machine

> **Requisitos satisfeitos:**
>
> 1. **Memória ilimitada:** Stack (1024) + Variáveis (128)
> 2. **Registradores:** R0, R1 (mínimo: 2)
> 3. **Operações primitivas:**
>   - INC_R0, INC_R1 (incremento)
>   - DEC_R0, DEC_R1 (decremento)
>   - JZ (salto se zero)

Conclusão: Com INC, DEC e JZ, a VM pode simular qualquer Máquina de Turing - **Referência:** Counter Machine - Wikipedia

Ferramentas de Compilação

Stack Tecnológico

Ferramenta	Função	Arquivo
Flex 2.6+	Análise léxica (tokenização)	`lexer.l`
Bison 3.8+	Análise sintática (parsing)	`parser.y`
GCC/C11	Geração de código intermediário	`codegen.c`
Make	Sistema de build	`Makefile`

Exemplos de Teste (9 programas)

Arquivo	Descrição
`demo.qs`	Demonstração geral da linguagem com todos os recursos
`treino_basico.qs`	Sessões de treino estruturadas com etapas e descanso
`controle_fluxo.qs`	Estruturas condicionais if/else, loops while e entrada readline
`partida_completa.qs`	Simulação completa de partida com placar visual
`loops.qs`	Demonstração de loops aninhados e controle de fluxo complexo
`match_simulation.qs`	Match profissional completo: 6 games entre Nadal e Federer
`rally.qs`	Treino interativo de rally com entrada do usuário
`sensores_demo.qs`	Demonstração de sensores read-only (last_rally, total_points)
`test_print.qs`	Testes do comando print() com diferentes tipos de dados

Curiosidade: Placar Visual

Caracteres Unicode Box-Drawing

```
┌─────────────────────────────────────────┐
│         PLACAR - SET 1                  │
├─────────────────────────────────────────┤
│  Nadal          |  3  | 15              |
│  Federer        |  2  | 30              |
└─────────────────────────────────────────┘
```

Implementação: Função `print_score()` em `quadravm.c` - **Vantagem:** Feedback visual profissional durante simulações - **Detalhes:** Suporta sistema de pontuação oficial (0-15-30-40-game)

Curiosidade: Modo No-Ad

Configuração Personalizada de Partida

```
# Modo tradicional (advantage)
config(no_ad = 0);

# Modo rápido (no advantage - ponto de ouro em 40-40)
config(no_ad = 1);
```

> **No-Ad Tennis:** Formato usado em competições rápidas onde em 40-40 não há "vantagem", mas sim um ponto decisivo (sudden death).
>
> **Implementação:** Flag no `MatchState` da VM que altera o comportamento da função `add_point_to_player()`.

Curiosidade: Comandos de Domínio

Vocabulário Específico de Tênis

Comando	Uso no Tênis Real
`ace(player)`	Saque direto, sem toque do adversário
`double_fault(player)`	Duas falhas de saque consecutivas
`rally(num_trocas)`	Simula troca de bolas no ponto (número de golpes)
`descanso(mins)`	Pausa entre exercícios
`rename(player, nome)`	Trocar nome do jogador durante match

Objetivo: Fazer código que "soa" como narração de partida!

Estrutura do Projeto

```
APS-QuadraSimples-LogComp/
├── lexer.l              # Análise léxica (Flex)
├── parser.y             # Análise sintática (Bison)
├── codegen.c/h          # Geração de assembly .qvm
├── main.c               # Entry point do compilador
├── quadravm.c           # Máquina virtual
├── Makefile             # Sistema de build
├── README.md            # Documentação completa
├── docs/
│   ├── gramatica-ebnf.md        # EBNF formal
│   └── QuadraSimples-APS-slides.html  # Apresentação original
└── examples/
    ├── demo.qs
    ├── treino_basico.qs
    ├── controle_fluxo.qs
    ├── partida_completa.qs
    ├── loops.qs
    ├── match_simulation.qs
    ├── rally.qs
    ├── sensores_demo.qs
    └── test_print.qs
```

Como Compilar e Executar

1. Compilar o projeto

```
$ make
```

2. Compilar um programa QuadraSimples

```
$ ./quadrasimples examples/demo.qs
```

3. Executar na VM

```
$ ./quadravm out.qvm
```

Atalho (compilar + executar)

```
$ ./quadrasimples examples/partida_completa.qs && ./quadravm out.qvm
```

Conceito Bônus: QuadraVM - Implementação Própria

Por que criar uma VM do zero?

Em vez de usar máquinas virtuais prontas como LLVM ou Python, desenvolvi a **QuadraVM em C** para ter controle total sobre o comportamento da linguagem:

- **Estado de jogo integrado:** A VM mantém o placar da partida (pontos, games, sets) internamente, como se fosse uma quadra de tênis virtual
- **Comandos nativos de tênis:** Operações como "dar ponto", "sacar" e "mostrar placar" são instruções diretas da máquina, não funções externas
- **Arquitetura flexível:** Combina uma pilha para cálculos matemáticos com registradores para controlar repetições e loops
- **Placar visual personalizado:** A VM desenha o placar de tênis formatado no terminal, algo impossível com VMs genéricas
- **Computacionalmente completa:** Possui instruções de incremento, decremento e salto condicional, permitindo implementar qualquer algoritmo

Resultado: Uma máquina virtual especializada em tênis, que entende o domínio do esporte ao invés de ser apenas um interpretador genérico.

Conclusão

QuadraSimples

Uma DSL completa para o mundo do tênis, com compilador robusto e VM customizada.

> **Repositório GitHub:** APS-QuadraSimples-LogComp | **Autor:** Daniel Marco Djanikian | **Curso:** Engenharia da Computação - Insper | **Disciplina:** Lógica da Computação

Obrigado!