

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA E ESTATÍSTICA
CURSO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO**

**TÍTULO: DISTRIBUIÇÃO DE RECURSOS ESCASSOS
UTILIZANDO IAE**

**AUTORES: JAISON WERLICH e KELTON RODRIGO ZACCHI
ORIENTADOR: PROF. JOVELINO FALQUETO
BANCA EXAMINADORA: PROF. PAULO SÉRGIO SILVA BORGES
PROF. JORGE MUNIZ BARRETO**

**PALAVRAS-CHAVE: INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL, ALGORÍTMO GENÉTICO,
OTMIZAÇÃO**

Florianópolis, julho de 04

DISTRIBUIÇÃO DE RECURSOS ESCASSOS UTILIZANDO IAE

Por

Jaison Werlich

e

Kelton Rodrigo Zacchi

Monografia apresentada a Coordenação de Trabalhos Monográficos, do Departamento de Informática e Estatística da Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Sistemas de Informação.

Florianópolis, SC – Brasil

2004

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA E ESTATÍSTICA
CURSO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO

Distribuição de Recursos Escassos Utilizando IAE

Elaborado por

Jaison Werlich e Kelton Rodrigo Zacchi

Comissão Examinadora

Orientador: _____

Prof. Jovelino Falqueto – UFSC

Membro: _____

Prof. Paulo Sérgio Silva Borges – UFSC

Membro: _____

Prof. Jorge Muniz Barreto – UFSC

Florianópolis, julho de 04

DEDICATÓRIAS

Dedicatórias de:

Jaison Werlich

Dedico este trabalho aos meus pais, Américo e Elza, e aos meus primos Edilson e Glória, que me auxiliaram ao longo deste curso.

Kelton Rodrigo Zacchi

Dedico este trabalho aos meus pais, Daniel e Luci e aos meus irmãos Klauber e Kenia, que acompanharam todos os meus passos ao longo deste curso e me apoiaram em todos os momentos.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos professores e colegas que contribuíram para este trabalho e para nossa formação acadêmica.

SUMÁRIO

SUMÁRIO	V
LISTA DE ILUSTRAÇÕES	VIII
LISTA DE TABELAS	IX
LISTA DE EQUAÇÕES	X
LISTA DE ABREVEATURAS	XI
RESUMO	XII
ABSTRACT	XIII
1 INTRODUÇÃO	1
1.1. TEMA	1
1.2. DELIMITAÇÃO DO TEMA / LIMITAÇÕES	1
1.3. OBJETIVO GERAL.....	1
1.4. OBJETIVO ESPECÍFICO	2
1.5. MOTIVAÇÃO / JUSTIFICATIVA	2
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SOBRE IA	3
2.1. FUNDAMENTOS	3
2.2. HISTÓRICO	4
2.3. CLASSIFICAÇÃO	6
2.3.1. <i>Quanto ao método de solução</i>	6
(a) Conexionista	6
(b) Simbólica	6
(c) Evolucionária	7
2.3.2. <i>Quanto à localização espacial</i>	7
(a) Monolítica	7
(b) Distribuída	7
2.4. PESQUISAS ATUAIS	8
3 METODOLOGIA	9
3.1. PROBLEMA	9
3.2. FORMAÇÃO DA ESCALA DE HORÁRIOS	9

3.3.	RESTRIÇÕES DO PROBLEMA	10
3.4.	REPRESENTAÇÃO GENÉTICA DO PROBLEMA.....	11
3.5.	ALGORITMO GENÉTICO EVOLUTIVO	12
3.5.1.	<i>Algoritmo</i>	13
3.5.2.	<i>Definição do Cromossomo</i>	13
3.5.3.	<i>População inicial</i>	16
3.5.4.	<i>Fatores e Cálculo da Aptidão</i>	17
3.5.5.	<i>Operadores genéticos</i>	18
(a)	Seleção e Elitismo	18
(b)	Recombinação	20
(c)	Mutação	22
4	IMPLEMENTAÇÃO E TESTES.....	30
4.1.	POPULAÇÃO INICIAL.....	30
4.2.	EVOLUÇÃO PARA 100 GERAÇÕES	32
4.3.	EVOLUÇÃO PARA 1.000 GERAÇÕES:	33
4.4.	EVOLUÇÃO PARA 10.000 GERAÇÕES:	35
5	ANÁLISE DOS RESULTADOS	37
5.1.	ANÁLISE DAS INFLUÊNCIAS NA APTIDÃO	39
5.1.1.	<i>Número de gerações</i>	39
5.1.2.	<i>Taxa de Recombinação e Mutação</i>	40
5.1.3.	<i>Taxa de Elitismo</i>	42
5.1.4.	<i>Tamanho da População</i>	43
6	CONCLUSÕES	46
	SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS.....	47
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48
	ANEXO I - APLICAÇÃO.....	50
	ANEXO II - BASE DE DADOS	55
	ANEXO III – RESULTADO FINAL	68
	ANEXO IV – LOCALIZAÇÃO DOS PROBLEMAS NO RESULTADO FINAL	73

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 Representação da estrutura do cromossomo, com indicação dos conteúdos dos genes genéricos.....	14
Figura 2 – Roleta para seleção de indivíduos.....	19
Figura 3 – Roleta para o sorteio do tipo de mutação a ser efetuado	23
Figura 4 – Gráfico do melhor resultado obtido na população inicial	31
Figura 5 – Gráfico do pior resultado obtido na população inicial	31
Figura 6 – Gráfico do melhor resultado obtido após 100 gerações	32
Figura 7 – Gráfico do pior resultado obtido após 100 gerações	33
Figura 8 – Gráfico do melhor resultado obtido após 1.000 gerações	34
Figura 9 – Gráfico do pior resultado obtido após 1.000 gerações	34
Figura 10 – Gráfico do melhor resultado obtido após 10.000 gerações	35
Figura 11 – Gráfico do pior resultado obtido após 10.000 gerações	36
Figura 12 – Melhor indivíduo da população inicial.....	37
Figura 13 – Melhor indivíduo após 10.000 gerações.	38
Figura 14 – Variação da aptidão com o número de gerações	40
Figura 15 – Variação da aptidão para recombinação = 10% e mutação = 90%	41
Figura 16 – Variação da aptidão para recombinação = 90% e mutação = 10%	41
Figura 17 – Variação da aptidão para taxa de elitismo de 0%.....	42
Figura 18 – Variação da aptidão para taxa de elitismo de 20%.....	43
Figura 19 – Variação da aptidão para quantidade de 50 indivíduos	44
Figura 20 – Variação da aptidão para quantidade de 200	44
Figura 21 – Diagramas de classes da aplicação	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Exemplo de grade de horários para alocação de disciplina/professor	10
Tabela 2 – Comparativo entre conceitos do domínio genético e da solução	12
Tabela 3 – Representação gráfica comparativa do cromossomo	15
Tabela 4 – Influência da aptidão de cada indivíduo para definição da roleta	19
Tabela 5 – Exemplo de recombinação (a) antes (b) depois.....	21
Tabela 6 – Influência dos fatores de mutação na construção da roleta.....	22
Tabela 7 – Exemplo de mutação por Choque de horário (a) antes (b) depois.....	24

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 – Cálculo genérico do tamanho do cromossomo	16
Equação 2 – Cálculo do tamanho do cromossomo para o problema proposto	16
Equação 3 – Cálculo da aptidão auxiliar.....	18
Equação 4 – Cálculo da aptidão.....	18

LISTA DE ABREVEATURAS

AG – Algoritmos Genéticos

DM – Mineração de Dados (*Data Mining*)

DNA – Ácido Desoxirribonucléico

GSP – Resolvedor de Problemas Gerais (*General Problem Solver*)

IA – Inteligência Artificial

IAC – Inteligência Artificial Conexionista

IAE – Inteligência Artificial Evolucionária

IAS – Inteligência Artificial Simbólica

IHC – Interação Humano-Computador

IR – Recuperação de Informação

PLN – Processamento de Linguagem Natural

RNA – Ácido Ribonucléico

SE – Sistema Especialista

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo, criar uma solução para elaboração de quadros de horários, para instituições de ensino, utilizando Algoritmos Genéticos. Devido ao seu grande número de restrições, a geração de quadros de horários de forma manual é muito complexa e requer muito esforço. Para facilitar a solução deste tipo de problema, apresentamos uma metodologia computacional com a aplicação de Inteligência Artificial através de Algoritmos Genéticos para elaborar quadros de horários de forma otimizada.

Ao longo deste trabalho detalhamos como foi representado cada um dos fatores que fazem parte do Algoritmo Genético, a forma com que foi aplicado cada um dos operadores genéticos para chegar à solução do problema. Por fim apresentamos uma análise, comparando a influência de cada um dos fatores genéticos no resultado final da geração de quadros de horários.

ABSTRACT

The purposal of this paper is to create a solution to schedule classes grid, in educational organizations, using Genetic Algorithms. Because its great number of restritions, generation of classes grid manually is too complex and require much effort. In order to make it easier, the solution for this kind of problem which we present here, is a computational methodology based on Artificial Intelligence in application of Genetic Algorithms to generate classes grid in a optimized way.

In this paper we detailed how each factor which is part of the Genetic Algorithm was represent, the way how each genetic operator was applied to achieve the solution. Finally, we make an analisis, comparing the influence of each genetic factor in the final results of the generation of the classes grid.

1 INTRODUÇÃO

1.1. Tema

O uso de Inteligência Artificial - IA vem se desenvolvendo cada vez mais em praticamente todos os ramos do conhecimento humano. Vários paradigmas foram desenvolvidos cada um com suas características e aplicações. Dentre os paradigmas destacam-se a Inteligência Artificial Conexionista – IAC, a Inteligência Artificial Simbólica – IAS e a Inteligência Artificial Evolucionária – IAE, este último como sendo de principal interesse neste trabalho. Um dos problemas clássicos de sua aplicação é a solução de problemas de distribuição de recursos escassos onde freqüentemente a aplicação desta metodologia computacional é capaz de realizar a tarefa mais rapidamente e com resultados melhores do que se realizado pelo homem.

1.2. Delimitação do Tema / Limitações

Este trabalho foi desenvolvido como tema de conclusão de curso na Universidade Federal de Santa Catarina, abrangendo as disciplinas de Projetos I e II do curso de Sistemas de Informação, com duração prevista para dois semestres.

Como desenvolvimento prático pretende-se criar uma aplicação com o uso de IA, mais precisamente com o emprego de Algoritmo Genético – AG, capaz de resolver problemas de alocação de professores e disciplinas em uma grade de horários de uma instituição de ensino de nível fundamental.

Não é objetivo deste trabalho criar uma aplicação comercial, mas sim criar um sistema flexível que possibilite o aprofundamento do estudo em IA, que seja capaz de demonstrar a eficácia deste tipo de solução para o tratamento do problema de alocação de professores em uma grade de horários e de problemas semelhantes onde a distribuição de recursos escassos é necessária.

1.3. Objetivo Geral

O objetivo geral é de apresentar um breve histórico de IA, seus paradigmas e evolução até os dias atuais. Indicar também aplicações envolvendo IA para o

tratamento de diversos tipos de problemas, em particular o uso de IAE, onde o foco está nas formas de solucionar problemas relacionados com a alocação de recursos escassos através de AG.

1.4. Objetivo Específico

O objetivo específico é criar uma aplicação computacional que utiliza AG para a solução de problemas de alocação de tarefas entre recursos escassos.

Esta aplicação desenvolve diversas soluções para a distribuição de professores em uma grade de horários composta por várias turmas de uma instituição de ensino de nível fundamental, onde cada turma preenche completamente a grade de horário do período ao qual foi alocada. Em outras palavras cada turma tem todas as aulas do seu período.

Como resultados, são apresentadas grades de horários selecionadas com características capazes de satisfazer as necessidades levantadas pela instituição de ensino e as expectativas dos professores frente às suas disponibilidades e informações previamente cadastradas na aplicação.

Por fim são apresentados os testes realizados com uma base de dados real de uma instituição de ensino. É feita a análise dos resultados encontrados, a indicação de outras aplicações com o uso desta metodologia e são apresentadas perspectivas futuras de aplicação com IAE.

1.5. Motivação / Justificativa

A alocação de recursos escassos, dado um grande número de restrições que poderão ser definidas para um problema, pode se tornar uma tarefa extremamente complexa e árdua para se ter uma solução através do trabalho manual. Entretanto, na maioria das vezes o trabalho totalmente manual continua sendo aplicado, retardando a solução para o problema proposto e onerando o trabalho humano.

Para tornar esta tarefa mais rápida e facilitar a solução deste tipo de problema pelo homem, utiliza-se uma metodologia computacional com a aplicação de IA, através de AG, para o tratamento e busca de solução do problema de forma otimizada.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SOBRE IA

2.1. Fundamentos

O homem durante sua história buscou criar mecanismo para a solução de problemas que ele não conseguia resolver ou para resolve-los de forma melhor. Mas estes mecanismos apesar de simular as formas e habilidades humanas, deveriam ter um atributo de difícil implementação, a Inteligência.

O próprio conceito de Inteligência é algo de difícil definição, pois várias são as formas de visão e vários os conceitos gerados por cada uma delas. Da mesma forma a Inteligência Artificial é um conceito que possui múltiplas interpretações, que podem dizer ao mesmo tempo de forma semelhante um mesmo conceito e de forma contrária características da mesma.

Um conceito de IA foi dado por *Rich & Knight (1994)* "IA é a área da Ciência da Computação orientada ao entendimento, construção e validação de sistemas *inteligentes*, isto é, que exibem, de alguma forma, características associadas ao que chamamos inteligência". O surgimento da Inteligência Artificial sofreu influência de um grande número de acontecimentos e conceitos ao longo da história da humanidade, onde pesquisadores nas diversas áreas do conhecimento humano contribuíram com estes conceitos e acontecimentos para o fundamento da Inteligência Artificial.

Podemos destacar os seguintes:

Na Filosofia:

- Ø Sócrates, Platão e Aristóteles – mente racional (400 A.C.);
- Ø Descartes (1600) – dualismo (natureza física x mente, livre arbítrio);
- Ø Materialismo – mundo (cérebro e mente) funciona de acordo com as leis da física;
- Ø Empirismo – fonte do conhecimento (observação dos fatos e generalização de regras);
- Ø Positivismo lógico – conhecimento pode ser expresso em teorias lógicas;

Na Matemática:

- Ø Aristóteles – explica o raciocínio dedutivo;
- Ø Boole (1840) – formalização de operações lógicas;
- Ø Frege (1880) – lógica de primeira ordem, termo e predicado, qualificação;
- Ø Tarski (1940) – relação dos objetos da lógica com objetos do mundo (modelo);
- Ø Hilbert (1900) – formalização da matemática;
- Ø Gödel (1930) – incompletude da aritmética;
- Ø Turing e Church (1940) – computabilidade;
- Ø Bayes (1760) – portabilidade;

Na Psicologia:

- Ø Subjetivismo (1850) – primeiro laboratório de psicologia fundamental para estudo da visão humana;
- Ø Behaviorismo (1900) – observação da ação (reação) dos sujeitos;
- Ø Psicologia Cognitiva (1900) – metáfora computacional do cérebro;
- Ø Teoria do comportamento humano – agente baseado em conhecimento;

Na Engenharia Computacional:

- Ø Hardware – aumento do processamento e capacidade de memória;
- Ø Software – linguagens, metodologias, interfaces;

Na Lingüística:

- Ø Chomsky (1957) – estruturas sintáticas;
- Ø Linguagem – estrutura das sentenças + conhecimento do mundo;
- Ø Filosofia da linguagem – representação do conhecimento;
- Ø Campo híbrido – processamento da linguagem natural ou computacional;

2.2. Histórico

Assuntos correlacionados com a inteligência, como raciocínio, memória, aprendizado e visão, são estudados pelos filósofos há mais de 2000 anos.

Já a Inteligência Artificial surgiu na década de 50. Abaixo está a cronologia dos acontecimentos que marcaram este período até os dias atuais:

- Ø 1943 (primeiro trabalho) – publicado por McCulloch & Pitts que consistia na implementação dos operadores lógicos através de uma rede neural (neurônio artificial);
- Ø 1950 – Alan Turing publicou o Jogo de Imitação (*Imitation Game*) conhecido hoje como Teste de Turing;
- Ø 1956 (primeiro evento) – no Dartmouth College, Estados Unidos, no Summer Workshop um grupo de jovens cientistas se reúnem para discutir uma nova idéia: como construir máquinas inteligentes. Neste encontro Newell e Simon apresentam o *Logic Theorist* (resolvedor de teoremas): programa revolucionário que conseguia provar certos teoremas da aritmética;
- Ø 1958 – McCarthy: Linguagem LISP;
- Ø 1960 – Newell e Simon: GPS (*General Problem Solver*);
- Ø 1963 – Marvin Minsky cria para a representação do conhecimento, o mecanismo de Frames, Micro-mundos (problemas de domínios limitados), onde o conhecimento é armazenado em “frames” (quadros) que permitem a representação de relações hierárquicas entre conceitos para inferir propriedades e responder a questionamentos;
- Ø 1965 – Robinson: algoritmo de dedução;
- Ø Primeiros programas para tradução automática se mostraram desacreditados;
- Ø 1966 – Financiamentos cancelados para a Inteligência Artificial Conexionista;
- Ø 1968 – O mundo dos blocos;
- Ø 1969 – Sistemas especialistas fizeram o ressurgimento do entusiasmo;
- Ø 1970 – Computadores se tornam mais comuns com capacidade de memória e processamento aumentada;
- Ø 1970 – Edinburgh / Marseilles: Linguagem Prolog;
- Ø 70/80 – Sistemas famosos:
 - SHRLDU;
 - MYCIN;

- LUNAR;
- ∅ 1980 – Quinta geração de computadores criada por um projeto japonês;
- ∅ 1988 – Holland: redes neurais competitivas;
- ∅ 1997 – Deep blue vence Kasparov em uma disputa de xadrez;

2.3. Classificação

2.3.1. Quanto ao método de solução

A inteligência Artificial busca criar mecanismos capazes de simular a Inteligência observada em determinados sistemas biológicos. De acordo com esta simulação, a IA pode ser classificada em diversos paradigmas computacionais, sendo os paradigmas mais importantes:

(a) Conexionista

Representado pelas Redes Neurais, propõem um sistema formado por uma rede que interliga estruturas simples de processamento, chamadas neurônios artificiais, para o processamento de informações. Estes neurônios artificiais são assim denominados porque foram originados por um modelo matemático do neurônio biológico.

As Redes Neurais podem ser classificadas quanto à topologia, características dos nós (estáticos ou dinâmicos) e estratégias de treinamento (supervisionadas, sem supervisão ou sem treinamento). Várias arquiteturas de redes foram propostas sendo que a mais teve destaque foi a arquitetura de multicamadas, direta (Perceptron de camadas).

As características mais atraentes destas estruturas são: capacidade de aproximação universal e aprendizado a partir de exemplos.

(b) Simbólica

Representado pelos sistemas *Fuzzi*, ou Lógica Difusa, combina uma lógica multivalorada, teoria probabilística, IA e RNA para a representação de conceitos como imprecisão e incerteza. Substituiu assim a Lógica Clássica, onde o valor de uma proposição só teria os valores 'verdadeiro' ou 'falso', é substituído por uma "escala de valor verdade", onde uma afirmação pode variar de 0 a 100% de "valor verdade".

Adequados especialmente na descrição de sistemas de processamento de informações complexos, não lineares ou não claramente definidos.

Além de ser capaz de capturar informações vagas e convertê-las em um formato numérico, de fácil manipulação, os sistemas *Fuzzi* também são capazes de realizar processamento simbólico.

(c) Evolucionária

Representada pelos Algoritmos Genéticos, tem como base na teoria da evolução das espécies de Darwin e na genética. Propõe-se a resolver problemas de otimização, em especial os que não são tratados ou que não possuem desempenho satisfatório quando para aplicação das técnicas tradicionais de otimização.

Como na natureza, onde a evolução de uma espécie sofre influência de uma série de fatores do meio ambiente e os indivíduos mais aptos têm mais chances de sobreviver e evoluir, se adaptando ao meio, também para a AG é seguido o mesmo processo, onde uma população inicial, de indivíduos que representam possíveis soluções para um problema, evolui probabilisticamente aplicando “operadores genéticos” para adaptar seus indivíduos a melhor solução do problema (meio ambiente).

Além dos AG, outros paradigmas de “raiz evolucionária” podem ainda ser citados como métodos de otimização: Programação Evolucionária, Estratégias Evolucionárias, Programação Genética e Sistemas Classificadores.

Dentre todos, os AG têm o maior destaque, sendo o mais conhecido, empregado e pesquisado. Suas aplicações vão desde uso para otimização, a programação automática, aprendizado de máquina, evolução e aprendizado, economia, genética de populações e sistemas sociais.

2.3.2. Quanto à localização espacial

(a) Monolítica

Envolve sistemas simples sem modularidade, como é o caso de sistemas especialistas.

(b) Distribuída

É composta por sistemas cujo funcionamento depende de um determinado conjunto de partes menores para resolver, de modo cooperativo, um determinado problema.

2.4. Pesquisas atuais

Tendências atuais do desenvolvimento científico tem se desenvolvido nos seguintes aspectos:

- Ø Representação do conhecimento (Cyc)
- Ø Reconhecimento da fala
- Ø Robótica
- Ø Visão
- Ø Internet (softbots)
- Ø Sistemas Especialistas (SEs)
- Ø Processamento de Linguagem Natural (PLN)
- Ø Interação Humano-Computador (IHC)
- Ø Recuperação de Informação (IR)
- Ø *Data Mining* (DM)

3 METODOLOGIA

3.1. Problema

Como mencionado anteriormente, o problema tratado é o de encontrar uma solução ótima para a distribuição de professores em uma escala de horários, satisfazendo os requisitos levantados pela instituição de ensino, juntamente com as disponibilidades dos professores quanto ao horário de alocação das disciplinas e disponibilidade para ministrar aulas no período.

Na seqüência será detalhado cada item da definição do problema, indicando as formas adotadas para a montagem e desenvolvimento de uma solução ótima do problema.

3.2. Formação da Escala de Horários

Em uma instituição de ensino de nível fundamental a alocação de cada disciplina, de cada professor, durante todos os dias e aulas da semana, a cada uma das turmas existentes na instituição é representada através de grades de horários.

Para representar uma grade de horários de cada turma criada por uma instituição de ensino, deve-se apresentar de forma genérica os seguintes itens:

- Ø Semana – representação geral da grade informando os dias da semana distribuídos de segunda-feira a sexta-feira;
- Ø Período – detalha os períodos definidos pela instituição para a realização de aulas. Estes períodos poderão ser: matutino, vespertino ou noturno;
- Ø Horário de aula – define para cada período o número de aulas existentes, o horário de início e término de cada aula, e horários de intervalos entre aulas.

Considera-se que, para o nível fundamental, cada turma criada terá aulas ministradas em apenas um dos períodos, formando turmas da manhã, tarde e noite, e que cada período terá o mesmo número de aulas: cinco.

Assim cada turma existente na instituição de ensino terá uma grade de horários representada por uma semana composta por apenas um dos três períodos, sendo cada período composto por cinco horários de aula diários. Os horários testados estão representados nas linhas da Tabela 1.

De posse das grades com horários vagos, caberá à instituição de ensino alocar para cada horário de aula as disciplinas e os professores correspondentes a todas das turmas criadas. Esta alocação levará em conta as exigências de disciplinas necessárias para cumprir o currículo escolar de cada turma, a existência de professores associados a cada disciplina, as disponibilidades de cada professor em ministrar aulas nos diversos horários e períodos ofertados, e outro fatores definidos pela instituição e pelos professores.

Na Tabela 1 está um exemplo de grade de horários vazia, para a alocação das disciplinas/professores de uma turma.

Tabela 1 – Exemplo de grade de horários para alocação de disciplina/professor

Turma	5ª série				
Período	Matutino				
Disciplinas a Alocar	Artes, Ciências, Educação Física, Ensino Religioso, Geografia, História, Inglês, Língua Portuguesa e Matemática.				
	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
07:30 – 08:20					
08:20 – 09:10					
09:10 – 10:00					
10:00 – 10:15	Intervalo	Intervalo	Intervalo	Intervalo	Intervalo
10:15 – 11:05					
11:05 – 11:55					

3.3. Restrições do Problema

A instituição de ensino disponibiliza para cada disciplina existente, no mínimo um professor com capacidade de ministrar a disciplina para uma determinada turma. Esta dupla disciplina/professor, formada pela instituição, será utilizada na seqüência para o preenchimento da grade de horários de cada turma.

Para a realização desta árdua tarefa observam-se algumas restrições que dizem respeito às necessidades estabelecidas pela instituição, pelas disciplinas oferecidas e pelos professores cadastrados.

Abaixo estão listadas algumas destas restrições:

- Ø A grade de horários estabelecida pela instituição deve ser completamente preenchida, isto é, todas as turmas deverão ser alocadas na grade;
- Ø Uma turma terá apenas um professor por disciplina;
- Ø Todas as turmas deverão ter suas disciplinas alocadas;
- Ø Cada disciplina tem um número de aulas definidas;
- Ø Todas disciplinas deverão ter seu total de aulas alocadas;
- Ø Cada disciplina pode permitir ou não aulas faixas, ou seja, possuir ou não aulas consecutivas para o mesmo dia da semana.
- Ø Cada disciplina pode permitir ou não que seus horários diários sejam intercalados por outras disciplinas;
- Ø O número máximo de aulas seguidas por disciplina será definido pela instituição e não poderá ser ultrapassado;
- Ø Cada professor é responsável por um número de disciplinas durante o período letivo;
- Ø Um professor não poderá dar aula para mais de uma turma simultaneamente;
- Ø Cada professor pode ter restrições de horários que devem ser respeitadas. Estas restrições serão representadas por notas de avaliação de horários, indicado por cada professor, onde: 0 = Ótimo; 1 = Bom; 2 = Regular; 3 = Ruim; 4 = Péssimo;
- Ø Cada professor deverá ter suas aulas alocadas com o mínimo de intervalos entre elas, respeitadas as restrições de horários.

3.4. Representação Genética do Problema

Durante todo o trabalho alguns termos da genética serão empregados para representar estruturas, procedimentos ou características que farão parte da solução computacional do problema.

Fazendo um paralelo entre os conceitos no domínio genético com os conceitos do domínio da solução, define-se o que segue:

Tabela 2 – Comparativo entre conceitos do domínio genético e da solução

Conceito	Domínio Genético	Domínio da Solução
População	Conjunto de indivíduos que representam uma determinada espécie de seres vivos.	Conjunto de grades de horários que representam possíveis soluções para o problema.
Indivíduo	Um exemplar da população constitui uma unidade distinta.	Uma exemplar de solução para o problema.
Cromossomo (genoma)	String de DNA – corpúsculo que carrega os caracteres hereditários e constitui unidade definida na formação do novo ser.	Representa uma possível grade de horários com todas as turmas definidas pela instituição de ensino em todos os períodos.
Gene	Unidade hereditária ou genética, situada no cromossomo, e que determina as características de um indivíduo.	Um segmento da grade de horários alocada a uma dupla disciplina/professor em um determinado horário, período e dia da semana, situado na grade de horários.
Alelo	Uma das formas alternativas de um gene, que ocupa determinada posição no cromossomo.	Uma das alternativas possíveis do conjunto “disciplina/professor” de uma aula, que ocupa determinada determina posição na grade de horários.

3.5. Algoritmo Genético Evolutivo

A solução proposta utiliza algoritmo genético para o problema buscando resolver computacionalmente, através de uma metodologia que simula o processo evolutivo das espécies, como definido por Darwin, onde em uma população de indivíduos os mais aptos sobrevivem.

3.5.1. Algoritmo

Os principais passos do Algoritmo Genético podem ser, em formas globais, os seguintes:

- Ø Inicializar a população inicial;
- Ø Calcular a aptidão de cada indivíduo
- Ø Para cada geração fazer:
 - Selecionar os indivíduos para nova geração;
 - Para cada indivíduo selecionado fazer:
 - § Recombinar;
 - § Mutar;
 - Recalcular a aptidão da população;
- Ø Encerrar evolução após n gerações ou aptidão ideal alcançada.

3.5.2. Definição do Cromossomo

Neste processo é definida uma população de indivíduos, onde cada indivíduo possui um código genético representado por um cromossomo.

O cromossomo proposto para o problema é representado por uma seqüência de turmas, cada turma é alocada em apenas um período, e cada período dividido em cinco dias da semana. Por fim cada dia da semana está subdividido em cinco aulas que alocam um único conjunto disciplina/professor.

Assim a representação simplificada do cromossomo fica como mostrado na Figura 1:

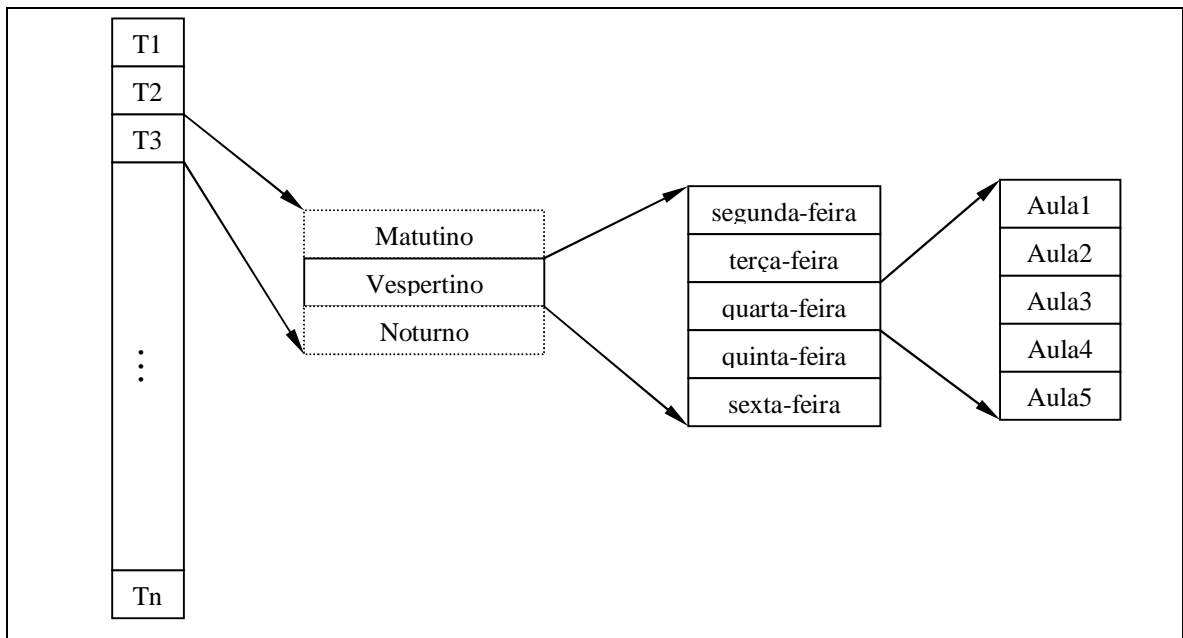
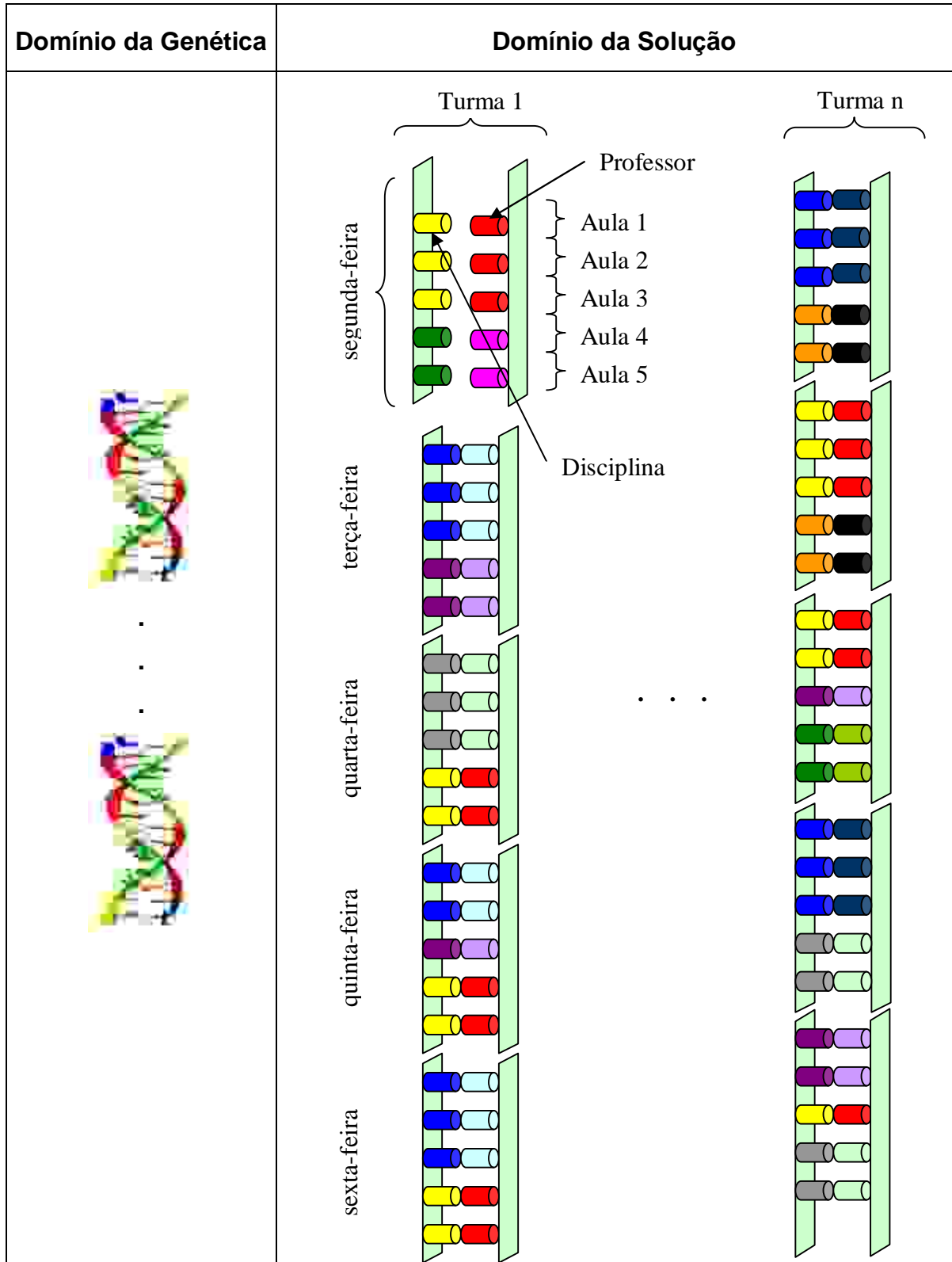


Figura 1 Representação da estrutura do cromossomo, com indicação dos conteúdos dos genes genéricos.

Na Figura 1 cada T_i representa uma das turmas da escola.

Fazendo novamente um paralelo entre o domínio genético e domínio da solução, as duas representações gráficas do cromossomo que seguem são válidas para ilustrar a forma como foi tratada a solução para o problema da grade de horários:

Tabela 3 – Representação gráfica comparativa do cromossomo



Após a definição do cromossomo pode-se facilmente calcular o tamanho do mesmo em número de genes, de forma genérica como sendo:

$$Tamanho = \sum_{i=1}^{tot_turmas} 5 \cdot num_aulas$$

Equação 1 – Cálculo genérico do tamanho do cromossomo

Na Equação 1 a constante 5 representa os cinco dias de aula por semana.

Considerando que para o problema proposto o número de aulas é igual a cinco em todos os períodos, para todas as turmas, o tamanho do cromossomo fica:

$$Tamanho = tot_turmas \cdot 25$$

Equação 2 – Cálculo do tamanho do cromossomo para o problema proposto

3.5.3. População inicial

Para gerar a população inicial será utilizado um algoritmo onde algumas restrições serão respeitadas durante o trabalho de geração da população.

Estas restrições permanecerão intactas durante todo o processo evolutivo, permitindo ser violadas apenas as restrições que fazem parte da função de avaliação, ou função de aptidão (tradução para o termo *fitness* em inglês).

Restrições respeitadas durante a geração da população inicial:

- Ø A grade de horários estabelecida pela instituição deve ser completamente preenchida;
- Ø Todas as turmas deverão ter seu total de aulas por disciplinas alocadas durante um período, isto é, uma turma não pode ficar sem nenhuma aula presente (em todas as disciplinas);
- Ø Cada série possui um determinado número de disciplinas que deve ser preenchido durante o período;

- Ø Cada disciplina tem uma carga horária definida e poderá ser composta de aulas faixa ou não, ministrada por um ou mais professores em diferentes turmas;
- Ø Cada professor é responsável por um número de disciplinas durante o período letivo;

3.5.4. Fatores e Cálculo da Aptidão

A função para o cálculo da aptidão de cada indivíduo, leva em consideração o número de ocorrências para a violação de alguns requisitos.

Assim os fatores escolhidos para compor este cálculo foram:

- Ø CHOQUES = Somatório da quantidade de horários em choque;
 - Um choque de horário ocorre quando um professor tiver alocado para ministrar aulas em um mesmo horário para turmas diferentes.
- Ø NOTAS = Somatório das Notas ao quadrado dos horários de cada professor alocado;
- Ø AULASULTR = Somatório da quantidade de aulas que ultrapassaram o limite diário de aulas para cada disciplina, ou seja, como cada disciplina possui um limite máximo do número de aulas que poderão ser ministradas por dia, a diferença deste valor para o alocado na grade de horário é indicado pelo fator AULASULTR;
- Ø INTDISC = Somatório da quantidade de aulas intercaladas em aulas de uma mesma disciplina, com restrições quanto aos intervalos entre aulas;
- Ø INTPROF = Somatório da quantidade de intervalos entre as aulas de cada professor;

Para definir os pesos dos fatores no cálculo da aptidão, foi considerado o quanto a ocorrência do fator influencia negativamente na grade de horários. Choques de horários de professores em uma grade foi tratado como o problema mais grave, seguindo do número de aulas que ultrapassam o limite diário da disciplina, disponibilidade dos professores, intervalos de professores e intervalos de disciplinas.

Considerando esta ordem de pesos dos fatores, para determinar o peso de cada fator, foram atribuídos valores para cada peso e realizado testes, a combinação de pesos que apresentou melhores resultados foi a seguinte:

- Ø CHOQUES: X*80;
- Ø NOTAS: X;
- Ø AULASULTR: X*30;
- Ø INTDISC: X*5;
- Ø INTPROF:= X³;

Onde: X = Quantidade ocorrências do fator no indivíduo avaliado.

A função para calcular da aptidão de cada indivíduo é a seguinte:

$$\text{FitnessAux} = \frac{(\text{CHOQUES} \cdot 80) + \text{NOTAS} + (\text{AULASULTR} \cdot 30) + (\text{INTDISC} \cdot 5) + (\text{INTPROF}^3)}{\text{Tamanho}}$$

Equação 3 – Cálculo da aptidão auxiliar

$$\text{Fitness} = \frac{e^{(-0,05 \cdot \text{FitnessAux})}}{1 + e^{(-0,05 \cdot \text{FitnessAux})}}$$

Equação 4 – Cálculo da aptidão

A Equação 4 apresenta a função sigmoideal ou logarítmica utilizada para limitar os valores encontrados para o aptidão entre 0 e 0,5.

3.5.5. Operadores genéticos

(a) Seleção e Elitismo

A seleção é feita com base na aptidão de cada indivíduo, onde cada fator de aptidão receberá um peso. Assim indivíduos com maior aptidão terão maior probabilidade de passar para próxima população.

Para realizar a seleção foi utilizado o método da roleta: atribui-se uma área na roleta para cada indivíduo proporcionalmente ao valor da sua aptidão e faz-se o sorteio. O indivíduo da área sorteada passa para a próxima geração.

Exemplo: Supondo que cinco indivíduos tivessem as características indicadas na Tabela 4:

Tabela 4 – Influência da aptidão de cada indivíduo para definição da roleta

<u>Genoma</u>	<u>Valor da Aptidão</u>	<u>% da Aptidão do Indiv.</u>	<u>Cópias Esperadas</u>
Indivíduo1	3	$3 / 25 = 12\%$	$0,12 \times 5 = 0,6$
Indivíduo2	5	$5 / 25 = 20\%$	$0,20 \times 5 = 1,0$
Indivíduo3	7	$7 / 25 = 28\%$	$0,28 \times 5 = 1,4$
Indivíduo4	6	$6 / 25 = 24\%$	$0,24 \times 5 = 1,2$
Indivíduo5	4	$4 / 25 = 16\%$	$0,16 \times 5 = 0,8$
Totais	25	100%	5

A roleta teria a configuração mostrada na Figura 2, onde as áreas de cada indivíduo são proporcionais a influência de sua aptidão na soma total da população.

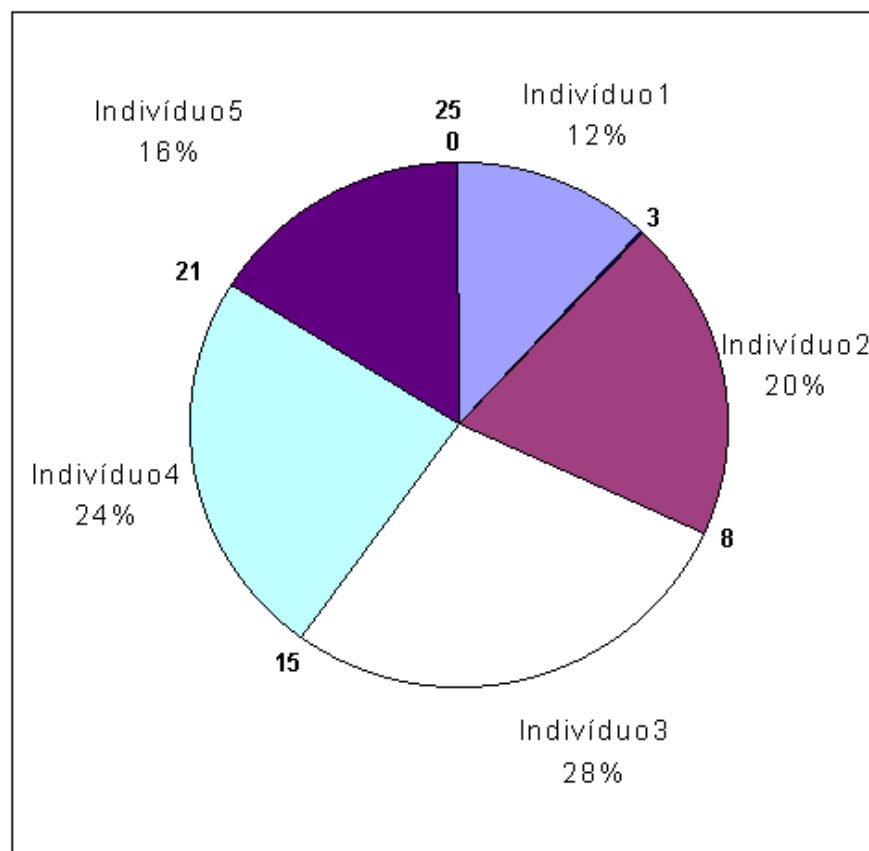


Figura 2 – Roleta para seleção de indivíduos

Sorteia-se um número entre 0 e o tamanho da roleta (somatório das aptidões=25); o indivíduo selecionado será aquele em que o valor do sorteio coincidir

com a área ocupada na roleta. Por exemplo, se o valor sorteado fosse 22, então o indivíduo selecionado seria o Indivíduo 5.

Neste método os indivíduos com maior aptidão terão maiores chances de passar para a próxima geração, mas o melhor indivíduo pode não ser sorteado e conseqüentemente não passar para a próxima população. Como o objetivo é obter um indivíduo com maior aptidão possível, também foi implementada uma Seleção Elitista, onde um percentual predefinido dos melhores indivíduos passará para a próxima geração sem ter de enfrentar o sorteio. O Elitismo garante que os melhores permanecerão para a próxima geração.

(b) Recombinação

A recombinação ocorrerá com dois indivíduos, que após permutarem seus materiais genéticos, darão origem a um único indivíduo com novas características influenciadas pelos dois progenitores.

Os passos listados a seguir foram utilizados para montar o mecanismo de recombinação:

1. Sortear a quantidade de genes a serem recombinados (1 a n);
2. Repetir o processo abaixo para a quantidade sorteada:
 - Sortear uma turma;
 - Sortear uma disciplina da turma sorteada;
 - Sortear um horário da disciplina em cada indivíduo;
 - Permutar os alelos sorteados no indivíduo que irá passar para a próxima geração.

Para simplificar a apresentação dos exemplos de recombinação e mutação, mostramos o cromossomo de cada indivíduo com apenas as duas primeiras aulas, das cinco que são lecionadas diariamente a cada turma. Também como caráter ilustrativo, o par disciplina/professor (alelo) aqui representados, poderá assumir os seguintes valores para disciplina: W, S, C e V; e para professor: 1, 2, 3 e 4.

Deve-se lembrar também que os indivíduos completos são constituídos por um número muito maior de turmas, das quais apenas as turmas T1 e T2 estão mostradas.

Exemplo: Selecionamos dois indivíduos para recombinação e sorteamos a quantidade de genes = 1 para serem recombinados; o indivíduo que irá para a próxima geração será o Indivíduo 1.

Sorteamos o por disciplina/professor C3 da turma T1 para sofrer recombinação. Sorteamos o gene aula1 de quarta-feira no indivíduo1 e o gene aula1 de terça-feira no indivíduo2. Por fim, permutamos os pares S2 e C3 no indivíduo1.

Tabela 5 – Exemplo de recombinação (a) antes (b) depois

	INDIVIDUO1						INDIVIDUO2				
	s	t	q	q	s		s	t	q	q	s
T1	W1	S2	C3	V4	V4		V4	C3	W1	S2	V4
	S2	W1	C3	V4	V4		V4	C3	S2	W1	V4
T2	C3	V4	V4	W1	S2		S2	V4	W1	V4	W1
	W1	V4	V4	S2	C3		S2	C3	V4	V4	C3

(a)

	INDIVIDUO1				
	s	t	q	q	s
T1	W1	C3	S2	V4	V4
	S2	W1	C3	V4	V4
T2	C3	V4	V4	W1	S2
	W1	V4	V4	S2	C3

(b)

(c) Mutação

Neste texto chama-se muta o a um processo específico, constituído de várias etapas que estão definidas a seguir. Apesar da escolha do nome, este processo descrito   completamente diferente da muta o clássica do AG can nico.

A muta o poderá ocorrer de forma distinta sob influência de cada um dos fatores de aptidão, sendo que os alelos com fatores de maior influência no cáculo da aptidão terão maior probabilidade de receber muta o.

São cinco as formas para realizar a muta o. Para saber qual a forma de muta o a utilizar, será feito um sorteio com o valor de cada fator de aptidão do indivíduo. Neste caso, também se utiliza o método da roleta: atribui-se uma área na roleta para cada fator de aptidão proporcional ao valor calculado com seu respectivo peso e faz-se o sorteio. A forma de muta o escolhida será aquela que possuir o fator da área sorteada.

Supondo que cada fator de aptidão de um determinado indivíduo possua as somas indicadas na Tabela 6.

Tabela 6 – Influência dos fatores de muta o na constru o da roleta

Fator de Aptidão	Somas	Somas com Peso	Cópias Esperadas
CHOQUE	20	$20 \times 80 = 1.600$	0,36
NOTAS	170	170	0,45
AULASUTR	7	$7 \times 30 = 210$	1,4
INTDISC	4	$4 \times 5 = 20$	1,2
INTPROF	6	$7^3 = 343$	0,8
—			
Totais	25	2.343	5

Neste caso, Figura 3, a área da roleta está proporcionalmente dividida entre os valores: 170, 210, 20, 343 e 1600, nesta ordem, totalizando 2343.

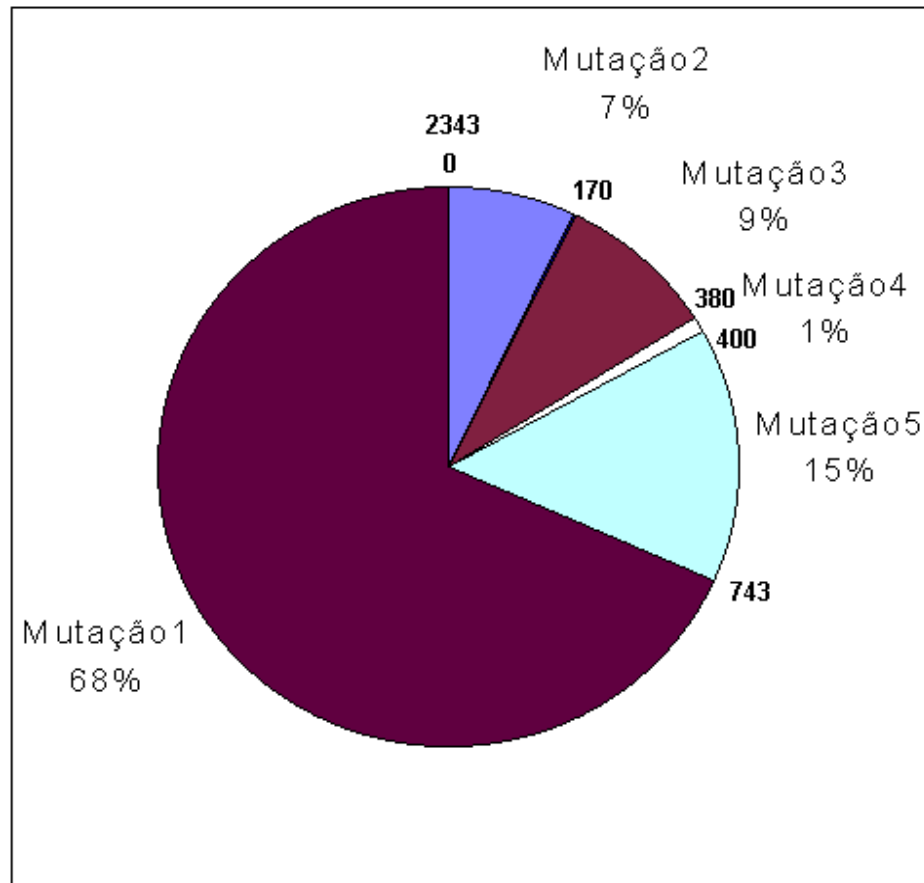


Figura 3 – Roleta para o sorteio do tipo de mutação a ser efetuado

Sorteia-se um número entre 0 e 2343; a forma de mutação será aquela que possui o valor sorteado. Por exemplo, se o valor sorteado fosse 478, então a forma de mutação seria a Mutação 05.

(1) Choque de horários

Passos:

1. Sortear um professor com horários em choque;
2. Para o professor sorteado, sortear um horário que está em choque;
3. Para a mesma turma onde o horário foi sorteado, sortear um horário que professor não esteja alocado; os horários com as melhores notas terão mais chances de serem sorteados;
4. Permutar os alelos nos genes selecionados;

Exemplo: Indivíduo 1 (cromossomo1) possui choque na Terça-Feira com o professor 3, dando aula para a disciplina C, na segunda aula simultaneamente para as turmas T1 e T2.

Sorteamos o horário da turma T1 para a mutação e permutamos a disciplina/professor (C3) de Terça-Feira, segunda aula, com a disciplina/professor (V4) de Segunda-Feira, primeira aula.

Tabela 7 – Exemplo de mutação por Choque de horário (a) antes (b) depois

INDIVIDUO1					
	s	t	q	q	s
T1	V4	C3	W1	S2	V4
	V4	C3	S2	W1	V4
T2	S2	V4	W1	V4	W1
	S2	C3	V4	V4	C3

(a)

INDIVIDUO1					
	s	t	q	q	s
T1	C3	C3	W1	S2	V4
	V4	v4	S2	W1	V4
T2	S2	V4	W1	V4	W1
	S2	C3	V4	V4	C3

(b)

(2) Somatório das notas para aulas alocadas

Passos:

1. Selecionar um professor de acordo com o somatório do quadrado das notas; aquele que tiver maior somatório terá mais chances de ser selecionado;
2. Selecionar um horário alocado (gene) com nota $\neq 0$; os horários com as piores notas terão mais chances de serem sorteados;
3. Selecionar um horário disponível que o professor possui no mesmo período, sendo que os horários com as melhores notas terão mais chances de ser sorteado;
4. Permutar os alelos dos horários selecionados;

Exemplo: Com as notas dos horários definidas abaixo, para cada professor, será feito o somatório da nota de cada horário em que o professor está alocado, para cada indivíduo (cromossomo).

Notas dos horários para cada professor variam no intervalo [0-4], conforme item 3.3:

	s	t	q	q	s		s	t	q	q	s
P1	0	3	0	4	1	P2	2	0	4	3	0
	0	4	0	3	2		3	3	0	1	0
	s	t	q	q	s		s	t	q	q	s
P3	1	0	1	0	4	P4	0	0	0	4	2
	2	0	0	3	4		1	4	0	0	0

Onde P i = professor i.

	INDIVIDUO1				
	s	t	q	q	s
T1	W1	S2	C3	V4	V4
	S2	W1	C3	V4	V4
T2	C3	V4	V4	W1	S2
	W1	V4	V4	S2	C3

Somatório do quadrado de cada nota:

$$\text{Nota P1} = (0+0+16+16) = 32$$

$$\text{Nota P2} = (9+0+1+0) = 10$$

$$\text{Nota P3} = (1+1+0+16) = 18$$

$$\text{Nota P4} = (0+16+0+0+16+0+4+0) = 36$$

No indivíduo1 o professor P4, é o que teve pior somatório do quadrado das notas, então selecionamos o horário de pior nota deste professor e permutamos com outro horário, com nota menor, que o professor possui disponível. No caso do professor P4, os horários alocados de pior nota são: quinta-feira a primeira aula na turma 1 e terça-feira a segunda aula na turma 2. Sorteamos terça-feira a segunda aula na turma 2 para permutar.

Por sorteio foi selecionado o horário da primeira aula (C3) de segunda-feira na mesma turma, para a permutação com o horário de nota ruim sorteado acima (V4).

Individuo1 após a permutação:

	s	t	q	q	s
T1	W1	S2	C3	V4	V4
	S2	W1	C3	V4	V4
T2	V4	V4	V4	W1	S2
	W1	C3	V4	S2	C3

(3) Quantidade de aulas por disciplina que ultrapassaram o limite diário

Passos:

1. Selecionar uma das disciplinas que possui quantidade diária de aulas máxima ultrapassada;
2. Sortear um horário da disciplina selecionado de um dia em que a disciplina possui mais aulas do que o máximo permitido;
3. Sortear um horário de outro dia;
4. Permutar os alelos dos horários selecionados;

Exemplo: O indivíduo 1 possui o professor 4 ministrando duas aulas para a disciplina V na quinta-feira para a turma 1. Supomos que a quantidade máxima permitida para a disciplina V é 1.

Por sorteio selecionamos o horário de segunda-feira, primeira aula (W1) e permutamo-lo com a segunda aula de quinta-feira (V4).

Antes:

	INDIVIDUO1				
	s	t	q	q	s
T1	W1	S2	C3	V4	V4
	S2	W1	C3	V4	V4
T2	C3	V4	V4	W1	S2
	W1	V4	V4	S2	C3

Depois:

```

INDIVIDUO1
  s  t  q  q  s
T1  V4 S2 C3 V4 V4
     S2 W1 C3 W1 V4
T2  C3 V4 V4 W1 S2
     W1 V4 V4 S2 C3

```

(4) Quantidade de intervalos para as disciplinas com restrições quanto aos intervalos

Passos:

1. Selecionar uma das disciplinas que possui intervalos;
2. Sortear um dia em que a disciplina possui intervalos;
3. Selecionar um horário do intervalo, isto é, um dos horários que separam a disciplina com intervalos;
4. Selecionar o horário alocado no dia para a disciplina mais distante do horário selecionado acima, isto é, seleciona-se o horário mais próximo ao final do período;
5. Permutar os alelos dos horários selecionados

Para os exemplos seguintes, utilizaremos a representação do indivíduo (cromossomo) com quatro aulas, das cinco que são lecionadas diariamente, lembrando que uma representação completa de um cromossomo, teria um numero muito maior de turmas do que o apresentado nos exemplos.

Exemplo: O indivíduo 1 possui na turma 1 o alelo disciplina/professor (W1) com um intervalo entre a primeira e quarta aula de segunda-feira.

Entre as duas aulas do intervalo, sorteamos a segunda aula para permutar.

O horário alocado da disciplina mais distante é o da quarta aula, então a permutação dos alelos será entre a segunda aula e a quarta aula.

Antes:

```

INDIVIDUO1
s t q q s
T1 w1 C3 V4 V4 W1
    S2 S2 C3 V4 V4
    S2 W1 C3 V4 V4
    w1 V4 V4 S2 C3
T2 C3 V4 V4 W1 S2
    C3 V4 V4 W1 S2
    W1 V4 V4 S2 C3
    S2 W1 C3 V4 V4

```

Depois:

```

INDIVIDUO1
s t q q s
T1 W1 C3 V4 V4 W1
    w1 S2 C3 V4 V4
    S2 W1 C3 V4 V4
    s2 V4 V4 S2 C3
T2 C3 V4 V4 W1 S2
    C3 V4 V4 W1 S2
    W1 V4 V4 S2 C3
    S2 W1 C3 V4 V4

```

(5) *Quantidade de intervalos entre as aulas de cada professor*

Passos:

1. Selecionar um professor que possui intervalos;
2. Sortear um dia em que professor possui intervalos;
3. Selecionar um horário do intervalo;
4. Selecionar o horário alocado no dia/período para o professor mais distante do horário selecionado acima.
5. Permutar os alelos dos horários selecionados

Exemplo: O indivíduo 1 possui o professor 1 alocado na disciplina W dando aula para turma 1 e turma 2, com um intervalo entre a primeira aula na turma 1 e terceira aula na turma 2 de segunda-feira.

O horário da disciplina W alocado mais distante é o da quarta aula, então a permutação dos alelos será entre a segunda aula e a quarta aula.

Antes:

```

INDIVIDUO1
  s  t  q  q  s
T1  w1 C3 V4 V4 W1
     S2 S2 C3 V4 V4
     S2 W1 C3 V4 V4
     w1 V4 V4 S2 C3
T2  C3 V4 V4 W1 S2
     C3 V4 V4 W1 S2
     w1 V4 V4 S2 C3
     S2 W1 C3 V4 V4

```

Depois:

```

INDIVIDUO1
  s  t  q  q  s
T1  W1 C3 V4 V4 W1
     w1 S2 C3 V4 V4
     S2 W1 C3 V4 V4
     s2 V4 V4 S2 C3
T2  C3 V4 V4 W1 S2
     C3 V4 V4 W1 S2
     W1 V4 V4 S2 C3
     S2 W1 C3 V4 V4

```

4 IMPLEMENTAÇÃO E TESTES

No processo de evolução alguns parâmetros interferem diretamente no resultado final. O número de gerações é um deles: quanto maior o número de gerações melhor tende a ser o resultado final, mas além do número de gerações, outros parâmetros interferem neste resultado final.

São eles:

- Ø Tamanho da População: quantidade de indivíduos que formam a população;
- Ø Taxa de Recombinação: percentual de indivíduos que sofrerão recombinação;
- Ø Taxa de Mutação: percentual de indivíduos que sofrerão mutação;
- Ø Taxa de Elitismo: percentual de indivíduos que passarão à próxima geração sem seleção.

Nos testes do algoritmo foram realizadas várias evoluções variando as combinações entre os parâmetros apresentados acima.

Abaixo serão apresentados os resultados obtidos para o melhor e para o pior indivíduo encontrado na criação da população inicial e para evoluções com 100, 1.000 e 10.000 gerações, ficando as comparações e análises destes resultados tratados no capítulo seguinte.

4.1. População inicial

Nesta evolução serão apresentados os indivíduos obtidos apenas com a população inicial. Estes resultados representam amostras de indivíduos das 16 execuções realizadas como testes, variando os parâmetros definidos no início deste capítulo.

Em todos os gráficos é apresentado um paralelo entre a quantidade de ocorrência de cada um dos fatores: CHOQUES, AULASULTR, INTDISC, INTPROF, e NOTAS, definidos anteriormente (seção 3.5.4. Fatores e Calculo a Aptidão), também apresentará na lateral esquerda a soma total dos fatores, sem a incidência

do peso em cada um. Para melhor compreensão do fator NOTA, este foi detalhado em quatro sub-fatores NOTA1, NOTA2, NOTA3 e NOTA4, correspondentes as avaliações de horários 1, 2, 3 e 4 indicadas anteriormente (seção 3.4. Restrições do Problema).

Ø Melhor Resultado: (aptidão: 0,0429)

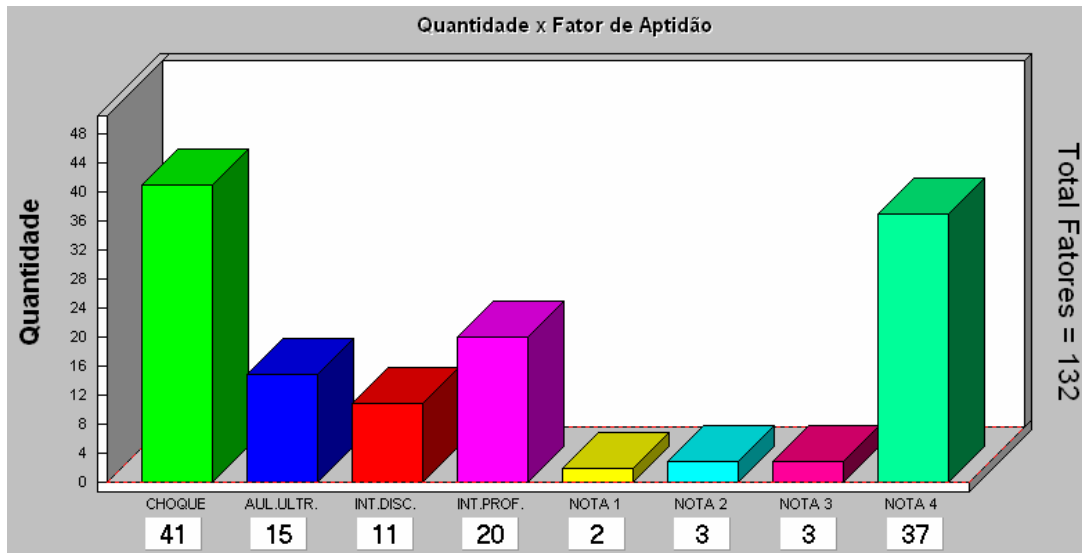


Figura 4 – Gráfico do melhor resultado obtido na população inicial

Ø Pior Resultado: (aptidão: 0,0062)

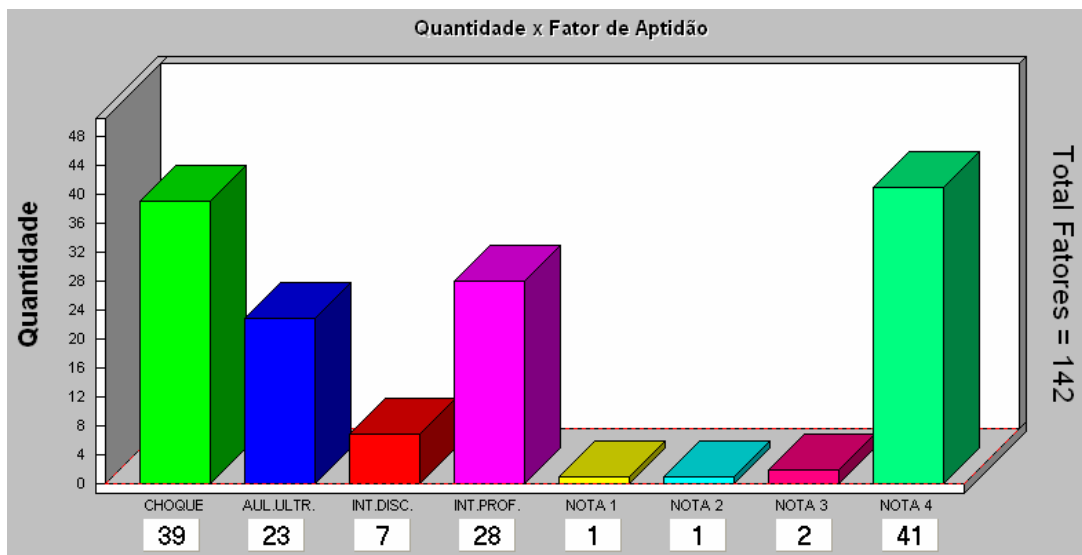


Figura 5 – Gráfico do pior resultado obtido na população inicial

4.2. Evolução para 100 gerações

Nesta evolução serão apresentadas amostras de indivíduos obtidos após 100 gerações de um total de 21 execuções realizadas como testes.

Ø Melhor Resultado: (aptidão: 0.4381)

- Tamanho da População: 200
- Taxa de Recombinação: 0%
- Taxa de Mutação: 90%
- Taxa de Elitismo: 10%

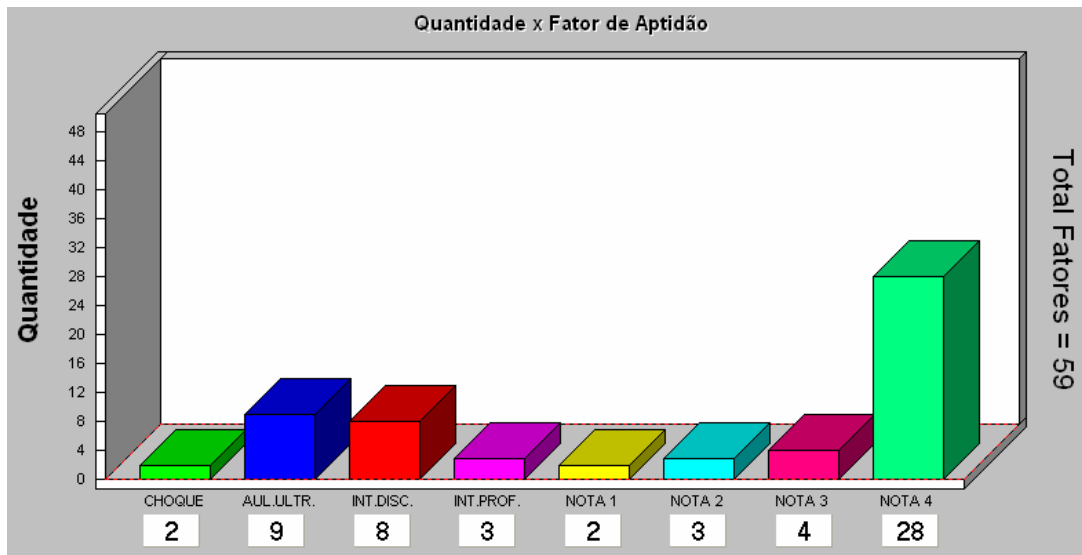


Figura 6 – Gráfico do melhor resultado obtido após 100 gerações

Ø Pior Resultado: (aptidão: 0.3764)

- Tamanho da População: 150
- Taxa de Recombinação: 10%
- Taxa de Mutação: 80%
- Taxa de Elitismo: 5%

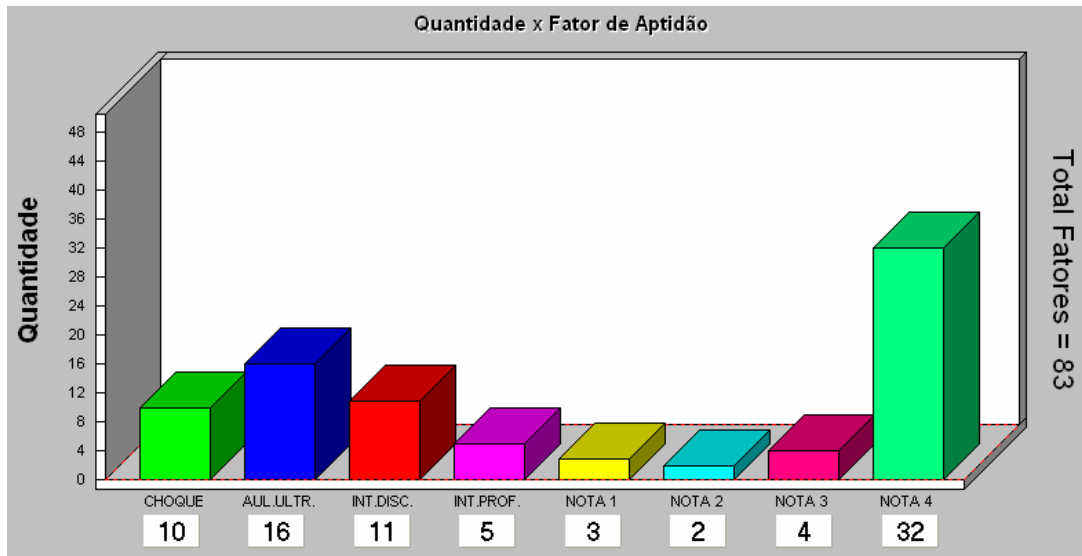


Figura 7 – Gráfico do pior resultado obtido após 100 gerações

4.3. Evolução para 1.000 gerações:

Nesta evolução serão apresentadas amostras de indivíduos obtidos após 1000 gerações de um total de 48 execuções realizadas como testes.

Ø Melhor Resultado: (aptidão: 0.4947)

- Tamanho da População: 200
- Taxa de Recombinação: 0%
- Taxa de Mutação: 90%
- Taxa de Elitismo: 10%

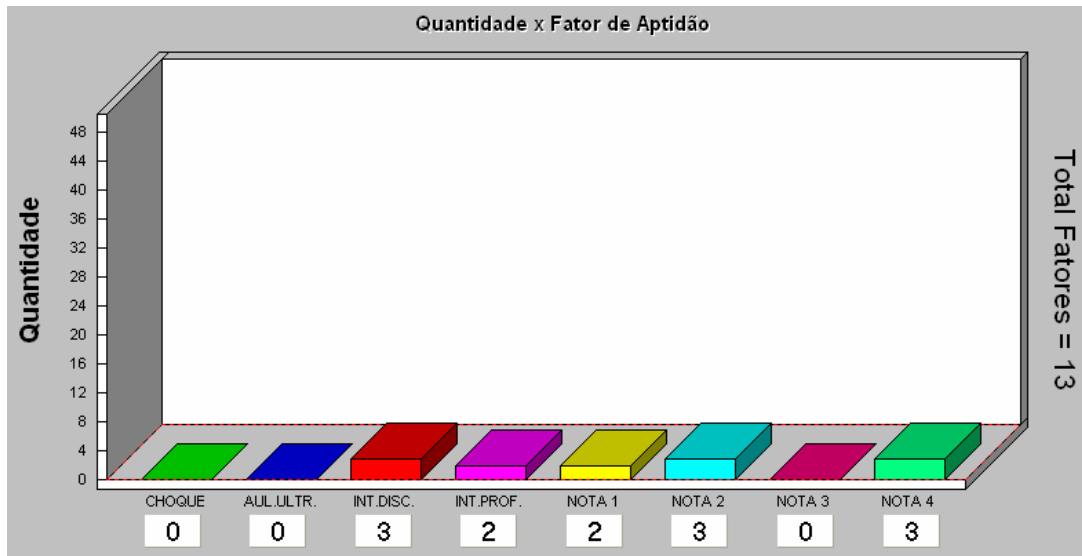


Figura 8 – Gráfico do melhor resultado obtido após 1.000 gerações

Ø **Pior Resultado:** (aptidão: 0.4648)

- Tamanho da População: 200
- Taxa de Recombinação: 50%
- Taxa de Mutação: 50%
- Taxa de Elitismo: 10%

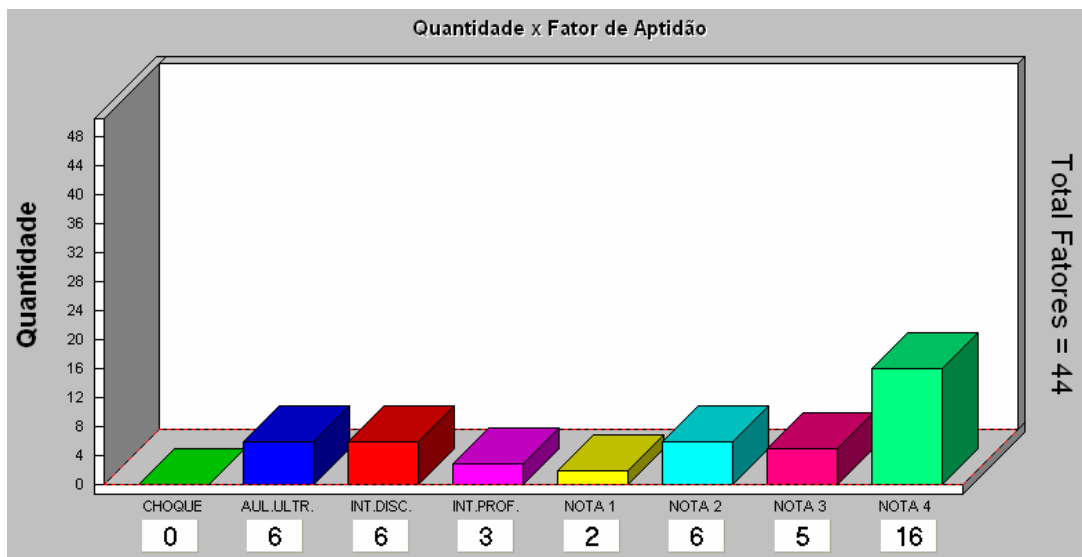


Figura 9 – Gráfico do pior resultado obtido após 1.000 gerações

4.4. Evolução para 10.000 gerações:

Nesta evolução serão apresentadas amostras de indivíduos obtidos após 10000 gerações de um total de 22 execuções realizadas como testes.

Ø Melhor Resultado: (aptidão: 0.4975)

- Tamanho da População: 200
- Taxa de Recombinação: 3%
- Taxa de Mutação: 90%
- Taxa de Elitismo: 15%



Figura 10 – Gráfico do melhor resultado obtido após 10.000 gerações

Ø Pior Resultado: (aptidão: 0.4926)

- Tamanho da População: 200
- Taxa de Recombinação: 50%
- Taxa de Mutação: 50%
- Taxa de Elitismo: 10%

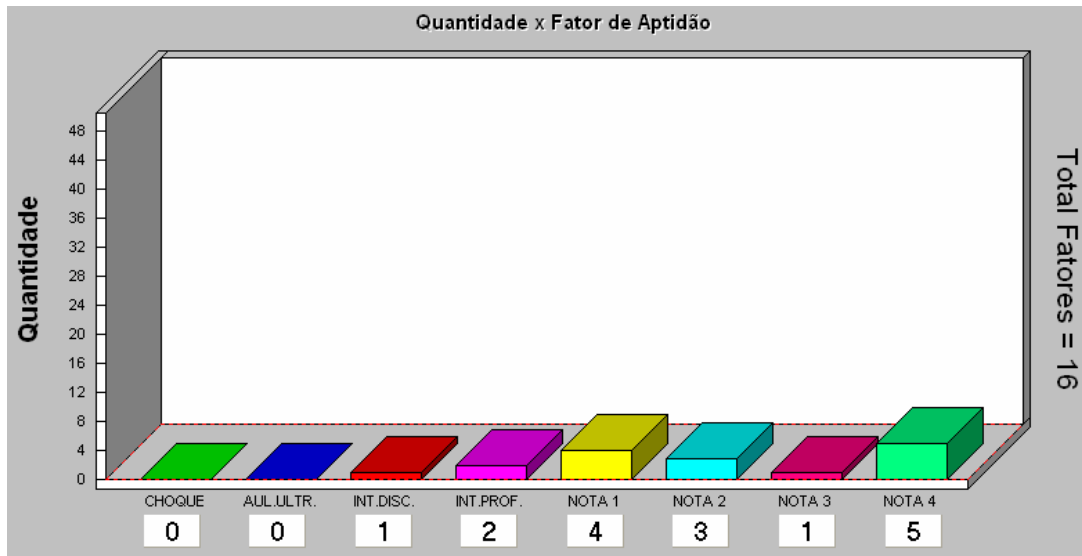


Figura 11 – Gráfico do pior resultado obtido após 10.000 gerações

5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Através dos dados apresentados nos testes, podemos afirmar que a proposta apresentada neste trabalho, para solucionar o problema de alocação de horário, apresentou bons resultados. Comparando os dados do melhor indivíduo obtido na população inicial, com o melhor indivíduo após evoluir 10000 gerações, constatamos que houve uma grande diminuição na quantidade de problemas na grade de horários.

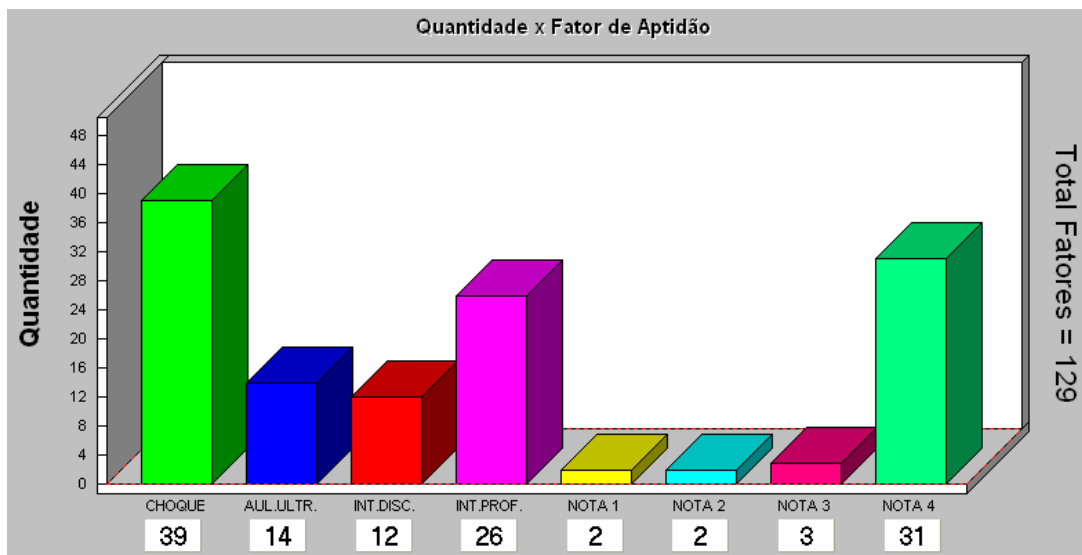


Figura 12 – Melhor indivíduo da população inicial

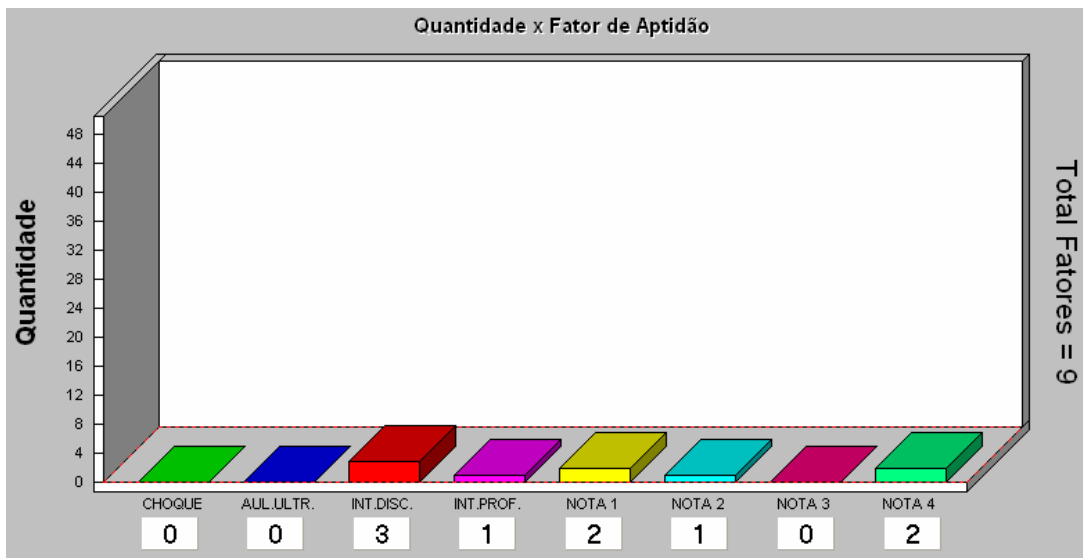


Figura 13 – Melhor indivíduo após 10.000 gerações.

Verificamos que número de problemas na grade de horários caiu bastante, da população inicial que possuía um total de 129 problemas, até a 10.000^a geração onde este valor caiu para 9.

Relacionamos abaixo a variação de cada um destes problemas:

- Ø Os horários com choques passaram de 39 ocorrências na população para 0;
- Ø A quantidade de aulas que ultrapassam o limite diário da disciplina passou de 14 para 0;
- Ø A quantidade de intervalos para as disciplinas que tem restrições a intervalos caiu de 12 para 3;
- Ø A quantidade de intervalos de professor, que possuía 26 ocorrências na população inicial passou para 1;
- Ø Os horários dos professores com nota 1 (Bom), permaneceu igual foram 2 ocorrências;
- Ø Os horários dos professores com nota 2 (Regular), caiu de 2 para 1;
- Ø Os horários dos professores com nota 3 (Ruim), que eram 3 na população inicial passou para 0;
- Ø Os horários dos professores com nota 4 (Péssimo), caiu de 31 na população inicial para 2;

No Anexo III é apresentado o resultado completo com a grade de horários obtida na evolução apresentada acima.

No Anexo IV é apresentada a localização dos problemas que permaneceram após a evolução até a 10.000^a geração.

5.1. Análise das influências na aptidão

Durantes os vários testes realizados com a aplicação, as configurações de número de gerações, percentual de recombinação e mutação, percentual de indivíduos que passam para próxima geração sem sorteio e do número de indivíduos, foram variadas a fim de verificar a influencia de cada parâmetro e para decidir a escolha da melhor configuração para a evolução da base de dados (veja Anexo II) proposta.

A seguir cada um destes parâmetros serão analisados, buscando evidenciar a influência de cada um no resultado do valor da aptidão.

5.1.1. Número de gerações

Nos testes foi observada que a variação inicial do valor da aptidão em função do número de gerações é bastante acentuada, veja o gráfico na Figura 18. A variação da aptidão começa a se estabilizar somente a partir da geração de numero 1000, onde seu valor continua subindo, mas em uma taxa muito menor que a inicial, indicando uma estabilização que tende ao valor ideal da aptidão que é de 0,50000.

A Figura 18 apresenta o gráfico da variação do valor da aptidão em função do número de gerações para o melhor indivíduo de cada geração, indicando na lateral direita da figura, a maior aptidão obtida durante toda a evolução e em que geração que ele pode ser encontrado. Os valores da aptidão foram todos multiplicados por 100 para se uma maior precisão.

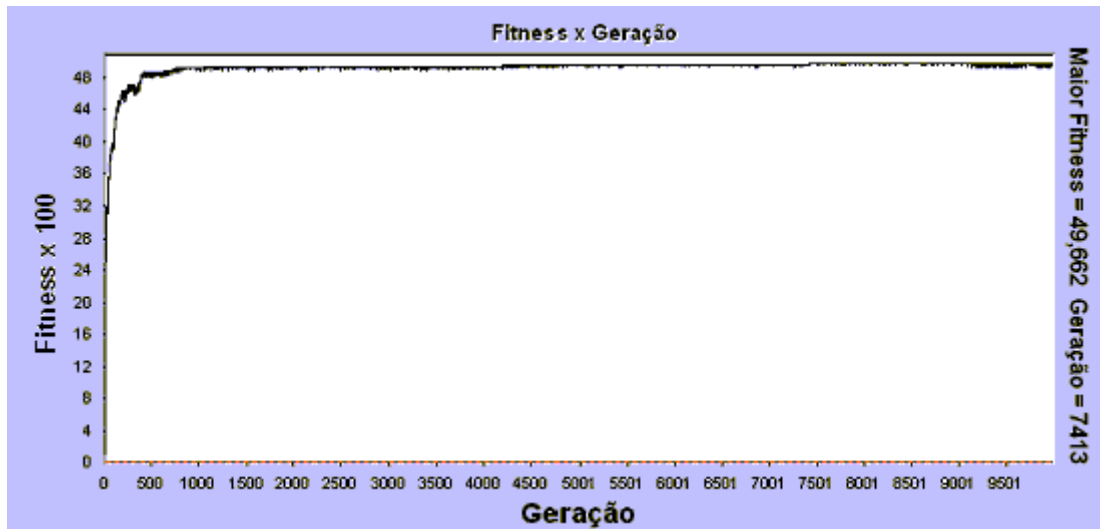


Figura 14 – Variação da aptidão com o número de gerações

Para se obter um melhor resultado sempre aumentamos o valor do número de gerações, mas este aumento está diretamente ligado ao tempo levado para a solução do problema. Observamos que um comprometimento deve ser feito na escolha deste fator, onde dependendo do recurso computacional utilizado, da necessidade de velocidade na resposta para o problema ou de encontrar a melhor solução, este valor deverá variar. Nos testes foram executadas simulações que variaram de 100 até 100.000 gerações, mas observamos que para os parâmetros configurados e para a base de dados escolhida, um ótimo desempenho era obtido com uma simulação de 10.000 gerações.

5.1.2. Taxa de Recombinação e Mutação

Nos testes foi observada que a variação do percentual de Recombinação e de Mutação, tem grande influência no resultado final. Foram feitos testes para verificar esta influência, fixando o tamanho da população em 200, o número de gerações em 1.000 e a taxa de elitismo em 0%, onde os resultados foram os seguintes:

- Ø Mantendo a taxa de recombinação igual a 10% e a taxa de mutação igual a 90% o maior valor obtido para a aptidão foi de 0,46711 na geração de número 749. Lembrando que todas as figuras apresentam o valor da aptidão multiplicado por 100.

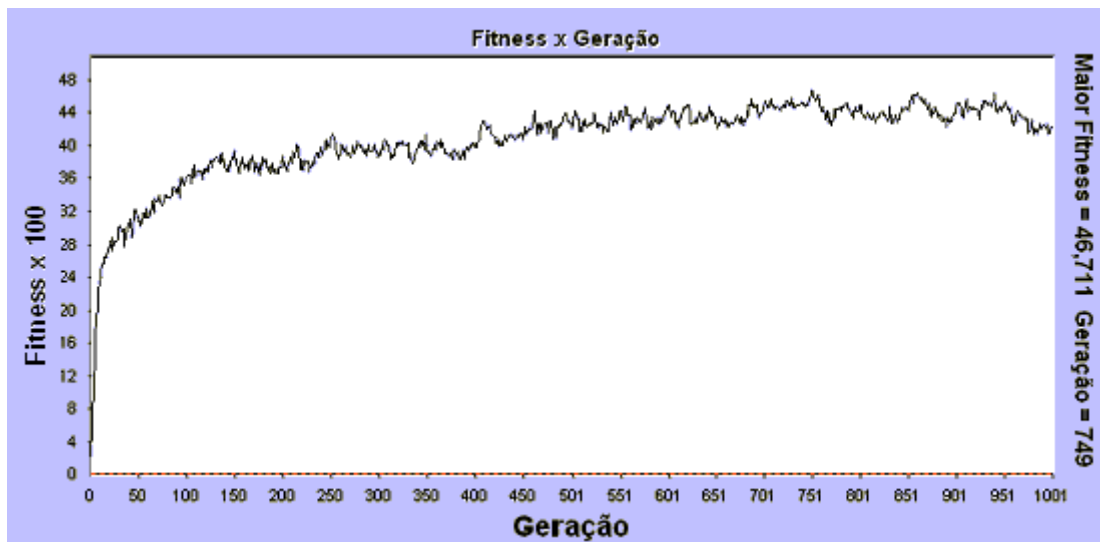


Figura 15 – Variação da aptidão para recombinação = 10% e mutação = 90%

- Ø Mantendo a taxa de recombinação igual a 90% e a taxa de mutação igual a 10% o maior valor obtido para a aptidão foi de 0,35257 na geração de número 838.

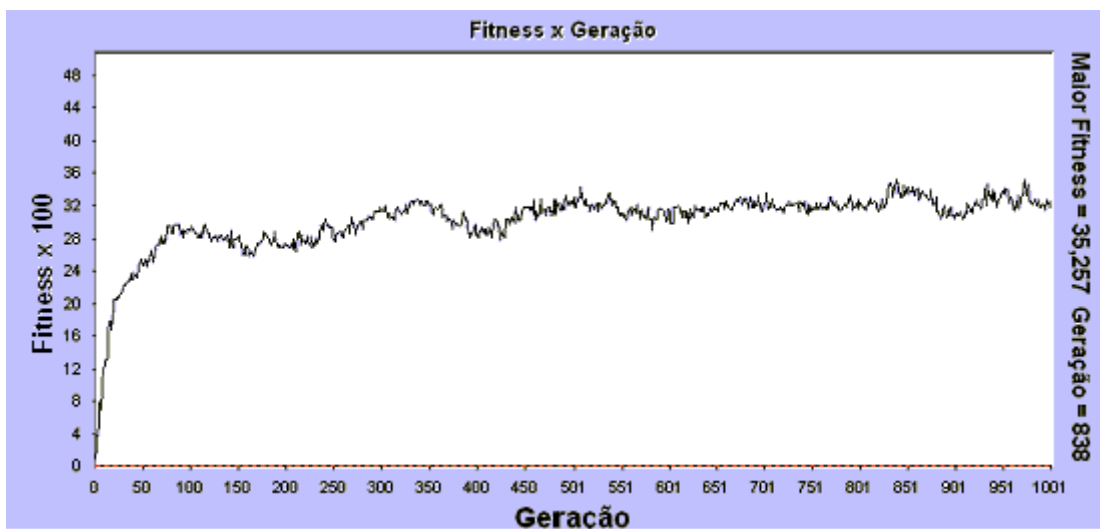


Figura 16 – Variação da aptidão para recombinação = 90% e mutação = 10%

Através dos gráficos colocados nas Figuras 19 e 20, podemos observar que com uma taxa de mutação alta e de recombinação baixa, foram obtidos os melhores resultados, já com uma taxa de recombinação alta e de mutação baixa, o resultado fica bem abaixo do considerado ideal.

Este resultado já era esperado, porque a mutação tenta solucionar os problemas que existem nos indivíduos e a recombinação não trata os problemas que existem nos indivíduos, apenas faz uma interação entre dois indivíduos e na maioria das vezes piora a aptidão do indivíduo. Então para obter um bom resultado, a taxa de mutação deve ser alta e a taxa de recombinação baixa. A recombinação é utilizada apenas para haver uma interação entre os indivíduos da população.

5.1.3. Taxa de Elitismo

Outro parâmetro que tem bastante influência para a obtenção de um resultado ideal é o percentual dos melhores indivíduos que passam para a próxima geração sem seleção, taxa de elitismo.

Durante os testes foi observado que os melhores resultados foram obtidos com uma taxa entre 10% e 20%. Abaixo será apresentado o gráfico da variação da aptidão em função do número de gerações, para uma evolução com 200 indivíduos, 90% de mutação, 10% de recombinação e com 1.000 gerações.

Ø Taxa de Elitismo de 0%

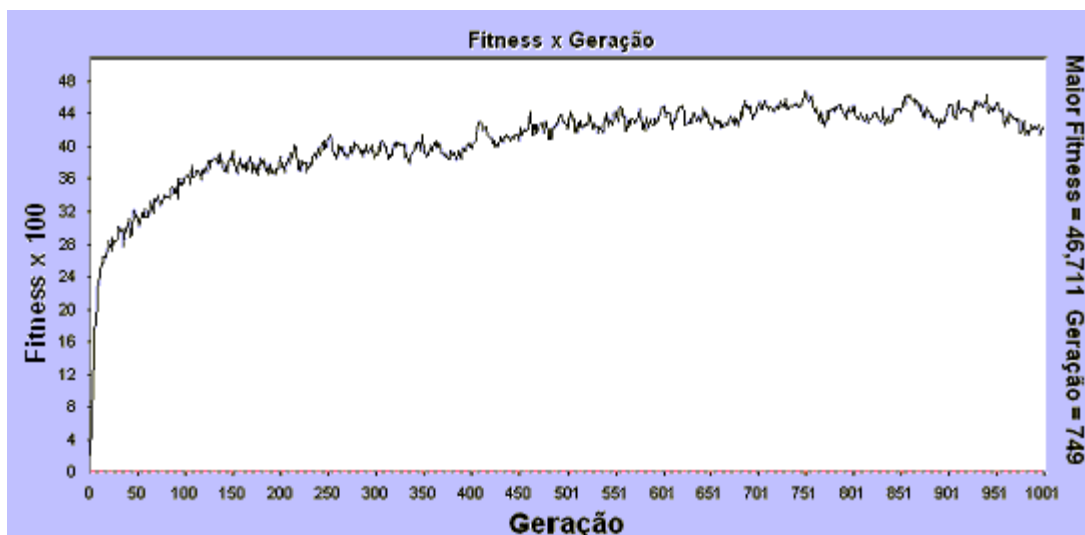


Figura 17 – Variação da aptidão para taxa de elitismo de 0%

Ø Taxa de Elitismo de 20%

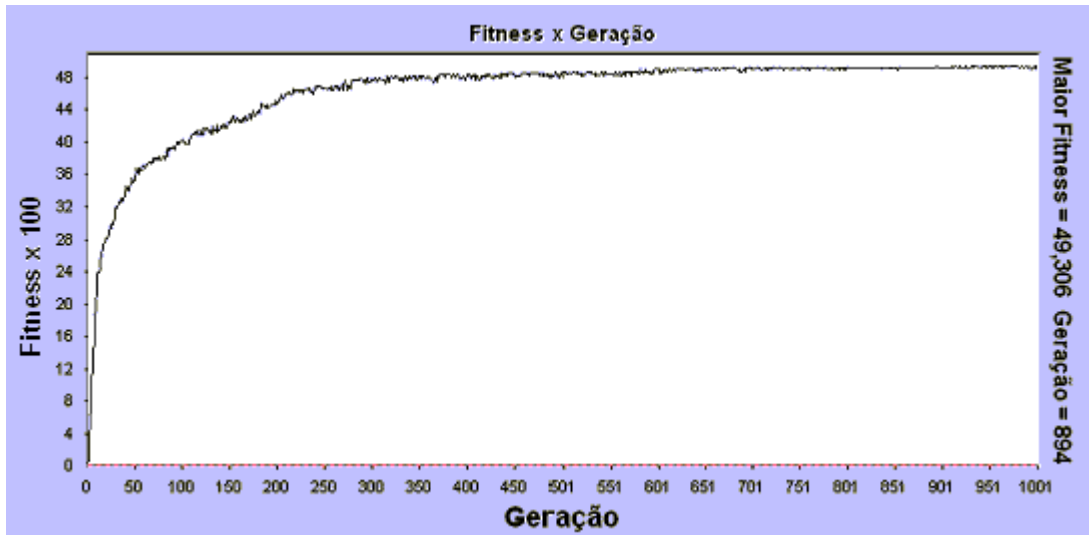


Figura 18 – Variação da aptidão para taxa de elitismo de 20%

Com os resultados apresentados acima, constatamos que a utilização do percentual dos melhores indivíduos sem seleção melhora bastante o resultado final. Com a utilização da taxa de elitismo a melhor aptidão obtida foi de 0,49306, já na evolução sem elitismo a melhor aptidão foi de apenas 0,46711.

5.1.4. Tamanho da População

O número de indivíduos que formam a população também contribui no resultado final da evolução. Para a realização dos testes foi utilizado a cada evolução uma população de 50 à 200 indivíduos. Abaixo será apresentado o gráfico da evolução da aptidão pelo número de gerações, para o melhor indivíduo a cada geração, mantendo fixos 90% de mutação, 10% de recombinação, 20% elitismo e com 1.000 gerações.

Ø Evolução com 50 Indivíduos

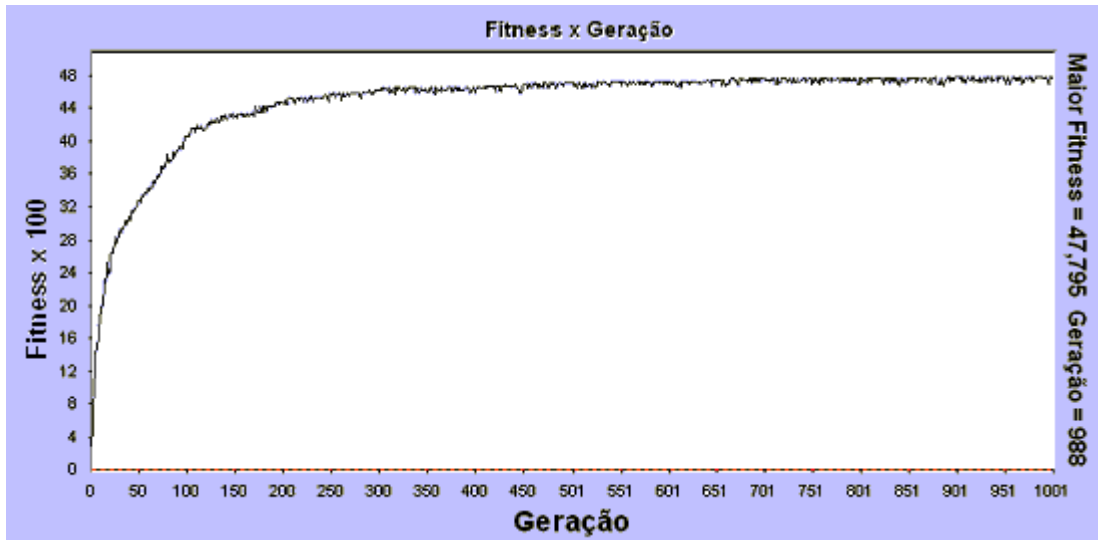


Figura 19 – Variação da aptidão para quantidade de 50 indivíduos

Ø Evolução com 200 Indivíduos

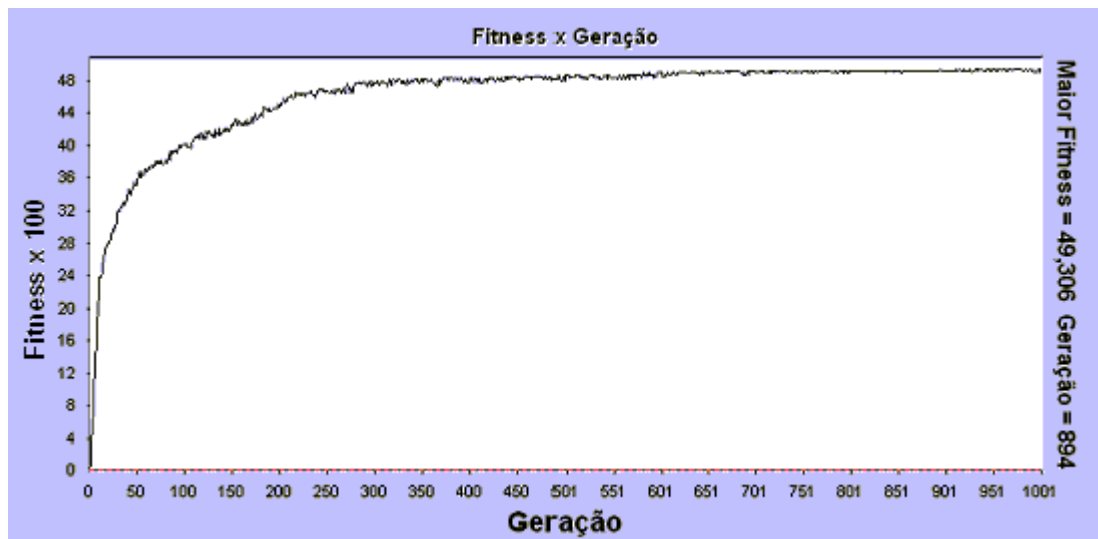


Figura 20 – Variação da aptidão para quantidade de 200

Como podemos observar, na evolução realizada com 50 indivíduos o valor máximo da aptidão chegou a 0,47795 e na evolução realizada com 200 indivíduos o

valor máximo da aptidão chegou a 0,49306, o que comprova que a quantidade de indivíduos da população tem influência no resultado da evolução.

Assim, quanto maior o tamanho da população melhor o resultado final. Por outro lado quanto maior for a quantidade de indivíduos, maior o tempo para processar uma geração. Durante os testes foi verificado que 200 indivíduos é considerado o valor ideal para o tamanho da população.

6 CONCLUSÕES

Após a realização de vários testes, aplicando a solução apresentada neste trabalho, para solucionar o problema de elaboração de quadros de horários utilizando Algoritmos Genéticos, podemos concluir que os resultados foram satisfatórios e certamente a solução adotada poderá ser utilizada para tratar o problema de alocação de horários.

Durante a realização dos testes, verificamos que a forma de mutação adotada é que realmente contribuiu para os bons resultados da solução apresentada, já a recombinação utilizada não ajudou muito, isto porque a mutação verifica um problema e tenta solucionar e a recombinação é realizada de forma totalmente aleatória.

Outro fator adotado neste trabalho que também contribuiu para bons resultados foi o percentual dos melhores indivíduos da população que passam para a próxima geração sem passar por uma seleção, taxa de elitismo.

SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

Como trabalhos futuros podemos definir os seguintes passos:

- Ø Verificar outros fatores que possam fazer parte da avaliação da aptidão;
- Ø Verificar novas formas de recombinação e mutação;
- Ø Avaliar mais detalhadamente os parâmetros que influenciam no cálculo da aptidão;
- Ø Além da alocação de horários, tratar também a alocação de espaços físicos, como sala de aulas, laboratórios e outros;
- Ø Melhorar a interface da aplicação, já que neste trabalho foi implementada uma interface apenas para a realização dos testes;

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

QUADRO, Alessandro Brandão; SHIBA, Edilson. **Algoritmos Genéticos**. Disponível em: <<http://www.din.uem.br/ia/intelige/geneticos/>>. Acesso em: 13 jun. 2004.

GEIGER, David. **Inteligência artificial além dos limites do homem**. Disponível em: <<http://galileu.globo.com/edic/88/informatica2.htm>>. Acesso em: 13 jun. 2004.

FERNANDES, Alessandro V.. **Inteligência Artificial Distribuída**. Disponível em: <<http://atlas.ucpel.tche.br/~barbosa/consiso/consiso9/sd/artigos/a5.pdf>> Acesso em: 17 jun 2004.

PALAZZO, Luiz A. M.. **Inteligência Artificial: Introdução e conceitos básicos**. Disponível em: <<http://ia.ucpel.tche.br/~lpalazzo/Aulas/IA/>>. Acesso em: 13 jun. 2004.

NAVEGA, Sérgio C.. **Inteligência Artificial: Presente, Passado e Futuro**. Publicado nos Anais do INFOIMAGEM 2001, Cenadem, Outubro/2001. Disponível em: <<http://www.intelliwise.com/reports/info2001.htm>>. Acesso em: 13 jun. 2004.

OSÓRIO, Fernando; VIEIRA, Renata. **Inteligência Artificial & Sistemas Inteligentes**. Disponível em: <<http://www.inf.unisinos.br/~osorio/ia.html>>. Acesso em: 13 jun. 2004.

IYODA, Eduardo Masato. **Inteligência Computacional no Projeto Automático de Redes Neurais Híbridas e Redes Neurofuzzy Heterogêneas**. Disponível em: <http://www.dca.fee.unicamp.br/~vonzuben/research/emi_mest.html>. Acesso em: 13 jun. 2004.

FERREIRA, Cândida. **Programação de Expressão Genética: um Novo Algoritmo Adaptável para Resolver Problemas**. Disponível em: <<http://www.gene-expression-programming.com/webpapers/GEPPort.pdf>>. Acesso em: 13 jun. 2004.

OSÓRIO, Fernando Santos. **Redes Neurais Artificiais: Do Aprendizado Natural Ao Aprendizado Artificial**. Disponível em: <<http://www.inf.unisinos.br/~osorio/ForumIA/fia99.pdf>>. Acesso em: 13 jun. 2004.

COSTA, Eduardo Oliveira; BRUNA, Marlon Della. **Resolução de “Timetabling” utilizando Evolução Cooperativa**. Disponível em: <<http://www.sbc.org.br/reic/edicoes/2003e1/cientificos/ResolucaoDeTimetablingUtilizandoEvolucaoCooperativa.pdf>> Acesso em: 13 jun. 2004.

_____. **PRECURSORES da IA**. Disponível em: <<http://www.din.uem.br/ia/precursos/index.html>>. Acesso em: 13 jun. 2004.

BETEMPS, Rafael da Silva; SILVEIRA, Liliana Nieto. **Redes Neurais: Conceitos e Métodos**. Disponível em: <<http://gpia.ucpel.tche.br/ioia/Neurc.doc>>. Acesso em: 13 jun. 2004.

VIEIRA, Richard G. Silva. **Sistema Auxiliar a Tomada de Decisões para Mercado de Capitais Usando Algoritmos Genéticos**. Santa Catarina, Universidade Federal de Santa Catarina, Novembro de 1996.

LACERDA, C. D. F. et al. **Utilização da Técnica de Algoritmos Genéticos para a Elaboração de Escala de Horários Médicos**. Santa Catarina, Universidade Federal de Santa Catarina.

ANEXO I - APLICAÇÃO

Ø Diagrama de Classes

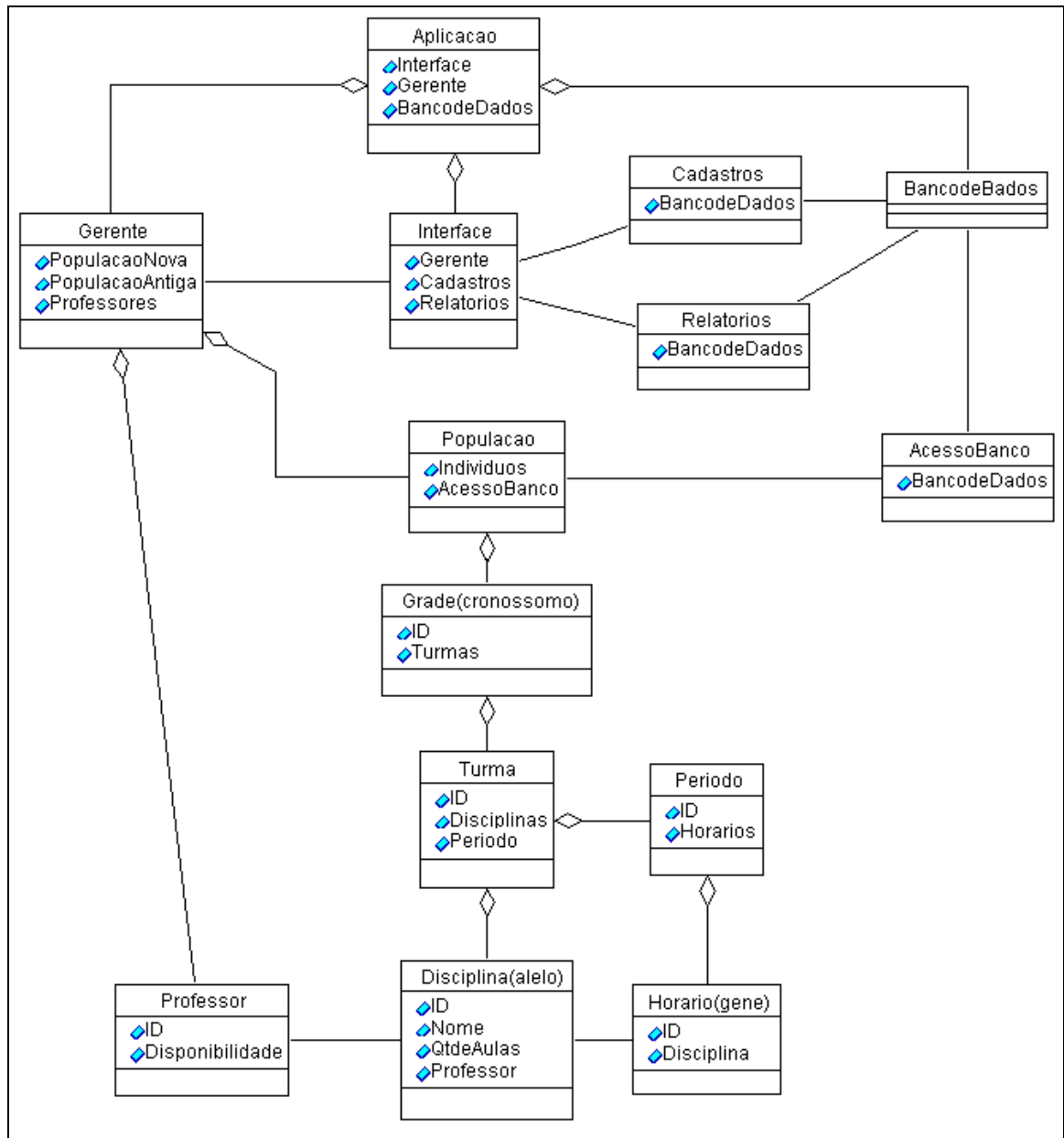


Figura 21 – Diagramas de classes da aplicação

Ø Funcionalidades de cada módulo

○ **Módulo Aplicação:**

Responsável pela inicialização da aplicação, criação dos objetos Banco de dados, gerente e interface. Depois de criado e inicializado este módulo passa o controle para o módulo interface, o qual fica aguardando alguma solicitação do usuário.

○ **Módulo Interface:**

Apresenta as opções da aplicação para ao usuário, tais como relatórios, cadastros, gráficos e a função para gerar a grade de horários.

○ **Módulo Cadastros:**

Composto por várias telas para entrar com os dados no sistema.

Os cadastros são os seguintes:

- Cadastro da quantidade de aulas por período
- Cadastro de professor;
- Cadastro da disponibilidade dos professores;
- Cadastro de disciplinas;
- Cadastro de turmas;
- Alocação de disciplina/professor nas turmas;

○ **Módulo Relatórios:**

Composto pelos relatórios e os gráficos do sistema:

Relatórios:

- § Relatório da aptidão: apresenta a aptidão de cada indivíduo e os valores de cada fator (veja item 3.5.4.) que faz parte do cálculo da aptidão do indivíduo;
- § Relatório por período: Fornece a grade de horários de um determinado período;
- § Relatório por professor: Fornece os horários alocados de cada professor;

§ Relatório por Turma: apresenta a grade de horários de uma determinada turma;

Gráficos:

§ Gráfico por aptidão: Fornece um gráfico com a evolução da aptidão do melhor indivíduo de cada geração.

§ Gráfico por Fator: Apresenta um gráfico com o valor de cada fator do melhor indivíduo encontrado durante a evolução.

○ **Módulo Banco de Dados:**

Possui os componentes necessários para acessar a base de dados.

○ **Módulo Gerente:**

Comanda o processo de elaboração de horários. Possui a responsabilidade de criar e inicializar os professores e a população inicial. Este módulo controla o processo de evolução dos indivíduos, calcula a aptidão da população, faz a seleção dos indivíduos para a próxima geração e aplica a recombinação e a mutação nos indivíduos da nova população.

○ **Módulo População:**

Este módulo possui os indivíduos da população. É responsável pela criação e inicialização destes indivíduos. Calcula a aptidão de cada indivíduo; possui as funções para realizar a mutação e a recombinação nos indivíduos; realiza a permutação entre os alelos de dois genes, e atribui uma área na roleta para cada indivíduo, de acordo com a aptidão.

○ **Módulo Acesso Banco:**

Responsável por buscar os dados dos indivíduos e dos professores na base de dados e gravar os resultados obtidos na geração de horários.

○ **Módulo Cromossomo:**

Representa uma grade de horários. É composto por todas as turmas da instituição e possui a responsabilidade de criar e inicializar estas turmas.

Este módulo calcula o valor de cada fator que faz parte da aptidão do indivíduo; também inicializa os genes de cada turma no processo de geração da população.

- **Módulo Turma:**

Armazena as informações referentes a uma turma, tais como as disciplinas, o período e a identificação desta turma. Possui a função para inicializar os genes da turma quando é gerada a população inicial.

- **Módulo Período:**

Possui todos os horários (genes) de um determinado período. Como uma turma preenche todos os horários de um período, este módulo representa uma grade de horários de uma turma.

- **Módulo Horário:**

Este módulo representa um gene, uma posição específica na grade de horários de uma turma; possui uma identificação única nesta grade e armazena os dados da disciplina que está alocada neste horário.

- **Módulo Disciplina:**

Possui as informações referentes a uma disciplina de uma turma, como a identificação da disciplina, o número de aulas, quantidade máxima de aulas por dia, o professor que ministra a disciplina e, no caso da disciplina possuir mais de uma aula por dia, se permite intervalos entre as aulas. Este módulo representa um alelo que preenche os genes da grade de horários da turma, de acordo com o número de aulas desta disciplina.

Além das informações principais da disciplina, este módulo armazena informações utilizadas no processo de evolução da população, como os horários alocados para a disciplina, a quantidade de horários alocados por dia e a quantidade de intervalos por dia. Sempre que é alterado um horário alocado da disciplina, este módulo calcula esses valores.

- **Módulo Professor:**

Possui os dados um professor, como identificação do professor, a nota referente à disponibilidade para cada horário e os horários alocados para o professor.

Este módulo possui a função para calcular o somatório das notas dos horários alocados ao professor e também armazena informações utilizadas no processo de evolução da população, como os horários que estão em choque, os horários que não estão alocados e a quantidade de intervalos por dia. Sempre que é alterado um horário alocado ao professor, este módulo calcula esses valores.

ANEXO II - BASE DE DADOS

O teste foi realizado com uma base de dados real, obtida de uma instituição de ensino. Esta base é composta por 13 professores, 8 turmas e um período (vespertino) com 5 aulas por dia. Cada turma preenche todas as aulas do período e todos os dias da semana, totalizando 25 aulas por semana.

Abaixo serão apresentados mais detalhes sobre os dados utilizado nos testes:

- Professores:
 - AFONSO
 - DOUGLAS
 - EDNA
 - ELIZIANE
 - EVA
 - JULIANO
 - KELLEN
 - NAZARÉ
 - ROSELI
 - SAIONARA
 - SARA
 - VAIRON
 - VERA

- Turmas:
 - 5ª SÉRIE 03
 - 5ª SÉRIE 04
 - 6ª SÉRIE 03
 - 6ª SÉRIE 04
 - 7ª SÉRIE 02
 - 7ª SÉRIE 03
 - 8ª SÉRIE 02
 - ACELERAÇÃO 02

- Disciplinas:
 - ARTES
 - CIÊNCIAS
 - EDUCAÇÃO FÍSICA
 - ENSINO RELIGIOSO
 - GEOGRAFIA
 - HISTÓRIA
 - INGLÊS
 - LÍNGUA PORTUGUESA
 - MATEMÁTICA

- Quantidade de horários por Notas dos professores:
 - Nota 0 = 227
 - Nota 1 = 4
 - Nota 2 = 10
 - Nota 3 = 10
 - Nota 4 = 74

- Quantidade de professores disponíveis para cada horário (professores com nota = 0 no horário):
 - Segunda-feira:
 - Ø 1ª Aula = 9
 - Ø 2ª Aula = 9
 - Ø 3ª Aula = 9
 - Ø 4ª Aula = 10
 - Ø 5ª Aula = 10

 - Terça-feira:
 - Ø 1ª Aula = 9
 - Ø 2ª Aula = 9
 - Ø 3ª Aula = 8
 - Ø 4ª Aula = 8
 - Ø 5ª Aula = 8

- Quarta-feira:
 - Ø 1ª Aula = 10
 - Ø 2ª Aula = 10
 - Ø 3ª Aula = 10
 - Ø 4ª Aula = 10
 - Ø 5ª Aula = 10

- Quinta-feira:
 - Ø 1ª Aula = 10
 - Ø 2ª Aula = 9
 - Ø 3ª Aula = 9
 - Ø 4ª Aula = 9
 - Ø 5ª Aula = 9

- Sexta-feira:
 - Ø 1ª Aula = 8
 - Ø 2ª Aula = 8
 - Ø 3ª Aula = 8
 - Ø 4ª Aula = 9
 - Ø 5ª Aula = 9

- Quantidade de aulas e disponibilidade por professor:

- AFONSO:
 - Ø Total de Aulas = 24
 - Ø Qtde Nota 0 = 25
 - Ø Qtde Nota 1 = 0
 - Ø Qtde Nota 2 = 0
 - Ø Qtde Nota 3 = 0
 - Ø Qtde Nota 4 = 0

- DOUGLAS:
 - Ø Total de Aulas = 14
 - Ø Qtde Nota 0 = 15
 - Ø Qtde Nota 1 = 1
 - Ø Qtde Nota 2 = 1
 - Ø Qtde Nota 3 = 1
 - Ø Qtde Nota 4 = 7

- EDNA:
 - Ø Total de Aulas = 20
 - Ø Qtde Nota 0 = 20
 - Ø Qtde Nota 1 = 0
 - Ø Qtde Nota 2 = 0
 - Ø Qtde Nota 3 = 0
 - Ø Qtde Nota 4 = 5

- ELIZIANE:
 - Ø Total de Aulas = 4
 - Ø Qtde Nota 0 = 10
 - Ø Qtde Nota 1 = 0
 - Ø Qtde Nota 2 = 5
 - Ø Qtde Nota 3 = 5
 - Ø Qtde Nota 4 = 5

- EVA:
 - Ø Total de Aulas = 7
 - Ø Qtde Nota 0 = 10
 - Ø Qtde Nota 1 = 0
 - Ø Qtde Nota 2 = 0
 - Ø Qtde Nota 3 = 0
 - Ø Qtde Nota 4 = 15

- JULIANO:
 - Ø Total de Aulas = 15
 - Ø Qtde Nota 0 = 16
 - Ø Qtde Nota 1 = 1
 - Ø Qtde Nota 2 = 1
 - Ø Qtde Nota 3 = 1
 - Ø Qtde Nota 4 = 6

- KELLEN:
 - Ø Total de Aulas = 21
 - Ø Qtde Nota 0 = 22
 - Ø Qtde Nota 1 = 0
 - Ø Qtde Nota 2 = 1
 - Ø Qtde Nota 3 = 1
 - Ø Qtde Nota 4 = 1

- NAZARÉ:
 - Ø Total de Aulas = 8
 - Ø Qtde Nota 0 = 12
 - Ø Qtde Nota 1 = 1
 - Ø Qtde Nota 2 = 1
 - Ø Qtde Nota 3 = 1
 - Ø Qtde Nota 4 = 10

- ROSELI:
 - Ø Total de Aulas = 14
 - Ø Qtde Nota 0 = 15
 - Ø Qtde Nota 1 = 0
 - Ø Qtde Nota 2 = 0
 - Ø Qtde Nota 3 = 0
 - Ø Qtde Nota 4 = 10

- SAIONARA:
 - Ø Total de Aulas = 15
 - Ø Qtde Nota 0 = 17
 - Ø Qtde Nota 1 = 1
 - Ø Qtde Nota 2 = 1
 - Ø Qtde Nota 3 = 1
 - Ø Qtde Nota 4 = 5

- SARA:
 - Ø Total de Aulas = 24
 - Ø Qtde Nota 0 = 25
 - Ø Qtde Nota 1 = 0
 - Ø Qtde Nota 2 = 0
 - Ø Qtde Nota 3 = 0
 - Ø Qtde Nota 4 = 0

- VAIRON:
 - Ø Total de Aulas = 16
 - Ø Qtde Nota 0 = 20
 - Ø Qtde Nota 1 = 0
 - Ø Qtde Nota 2 = 0
 - Ø Qtde Nota 3 = 0
 - Ø Qtde Nota 4 = 5

- VERA:
 - Ø Total de Aulas = 18
 - Ø Qtde Nota 0 = 20
 - Ø Qtde Nota 1 = 0
 - Ø Qtde Nota 2 = 0
 - Ø Qtde Nota 3 = 0
 - Ø Qtde Nota 4 = 5

- Notas dos Horários dos Professores:

Professor = AFONSO

	1ª Aula	2ª Aula	3ª Aula	4ª Aula	5ª Aula
Seg	0	0	0	0	0
Ter	0	0	0	0	0
Qua	0	0	0	0	0
Qui	0	0	0	0	0
Sex	0	0	0	0	0

Professor = DOUGLAS

	1ª Aula	2ª Aula	3ª Aula	4ª Aula	5ª Aula
Seg	4	4	3	2	1
Ter	0	0	0	0	0
Qua	0	0	0	0	0
Qui	0	0	0	0	0
Sex	4	4	4	4	4

Professor = EDNA

	1ª Aula	2ª Aula	3ª Aula	4ª Aula	5ª Aula
Seg	0	0	0	0	0
Ter	0	0	0	0	0
Qua	0	0	0	0	0
Qui	4	4	4	4	4
Sex	0	0	0	0	0

Professor = ELIZIANE

	1ª Aula	2ª Aula	3ª Aula	4ª Aula	5ª Aula
Seg	4	4	4	4	4
Ter	2	2	2	2	2
Qua	3	3	3	3	3
Qui	0	0	0	0	0
Sex	0	0	0	0	0

Professor = EVA

	1ª Aula	2ª Aula	3ª Aula	4ª Aula	5ª Aula
Seg	0	0	0	0	0
Ter	4	4	4	4	4
Qua	0	0	0	0	0
Qui	4	4	4	4	4
Sex	4	4	4	4	4

Professor = JULIANO

	1ª Aula	2ª Aula	3ª Aula	4ª Aula	5ª Aula
Seg	0	0	0	0	0
Ter	0	0	0	0	0
Qua	0	0	0	0	0
Qui	0	1	2	3	4
Sex	4	4	4	4	4

Professor = KELLEN

	1ª Aula	2ª Aula	3ª Aula	4ª Aula	5ª Aula
Seg	0	0	0	0	0
Ter	0	0	0	0	0
Qua	0	0	0	0	0
Qui	0	0	0	0	0
Sex	4	3	2	0	0

Professor = NAZARE

	1ª Aula	2ª Aula	3ª Aula	4ª Aula	5ª Aula
Seg	3	2	1	0	0
Ter	4	4	4	4	4
Qua	4	4	4	4	4
Qui	0	0	0	0	0
Sex	0	0	0	0	0

Professor = ROSELI

	1ª Aula	2ª Aula	3ª Aula	4ª Aula	5ª Aula
Seg	4	4	4	4	4
Ter	0	0	0	0	0
Qua	0	0	0	0	0
Qui	4	4	4	4	4
Sex	0	0	0	0	0

Professor = SAIONARA

	1ª Aula	2ª Aula	3ª Aula	4ª Aula	5ª Aula
Seg	0	0	0	0	0
Ter	0	0	1	2	3
Qua	4	4	4	4	4
Qui	0	0	0	0	0
Sex	0	0	0	0	0

Professor = SARA

	1ª Aula	2ª Aula	3ª Aula	4ª Aula	5ª Aula
Seg	0	0	0	0	0
Ter	0	0	0	0	0
Qua	0	0	0	0	0
Qui	0	0	0	0	0
Sex	0	0	0	0	0

Professor = VAIRON

	1ª Aula	2ª Aula	3ª Aula	4ª Aula	5ª Aula
Seg	0	0	0	0	0
Ter	4	4	4	4	4
Qua	0	0	0	0	0
Qui	0	0	0	0	0
Sex	0	0	0	0	0

Professor = VERA

	1ª Aula	2ª Aula	3ª Aula	4ª Aula	5ª Aula
Seg	0	0	0	0	0
Ter	0	0	0	0	0
Qua	0	0	0	0	0
Qui	0	0	0	0	0
Sex	4	4	4	4	4

- Disciplinas por Turmas:

- **5ª SÉRIE 03**

Disciplina	Professor	Nº de Aulas	Aulas/Dia	Permite Intervalos
ARTES	VAIRON	2	2	NÃO
CIÊNCIAS	KELLEN	3	1	-
EDUCAÇÃO FÍSICA	ALFONSO	3	1	-
ENSINO RELIGIOSO	EVA	1	1	-
GEOGRAFIA	SAIONARA	3	1	-
HISTÓRIA	VERA	3	1	-

INGLÊS	DOUGLAS	2	2	SIM
LÍNGUA PORTUGUESA	ÉDNA	4	2	NÃO
MATEMÁTICA	SARA	4	2	NÃO

- 5ª SÉRIE 04

Disciplina	Professor	Nº de Aulas	Aulas/Dia	Permite Intervalos
ARTES	VAIRON	2	2	NÃO
CIÊNCIAS	KELLEN	3	1	-
EDUCAÇÃO FÍSICA	ALFONSO	3	1	-
ENSINO RELIGIOSO	EVA	1	1	-
GEOGRAFIA	SAIONARA	3	1	-
HISTÓRIA	VERA	3	1	-
INGLÊS	DOUGLAS	2	2	SIM
LÍNGUA PORTUGUESA	ÉDNA	4	2	NÃO
MATEMÁTICA	SARA	4	2	NÃO

- 6ª SÉRIE 03

Disciplina	Professor	Nº de Aulas	Aulas/Dia	Permite Intervalos
ARTES	VAIRON	2	2	NÃO
CIÊNCIAS	KELLEN	3	1	-
EDUCAÇÃO FÍSICA	ALFONSO	3	1	-
ENSINO RELIGIOSO	EVA	1	1	-
GEOGRAFIA	JULIANO	3	1	-
HISTÓRIA	VERA	3	1	-
INGLÊS	DOUGLAS	2	2	SIM
LÍNGUA PORTUGUESA	ÉDNA	4	2	NÃO
MATEMÁTICA	SARA	4	2	NÃO

- 6ª SÉRIE 04

Disciplina	Professor	Nº de Aulas	Aulas/Dia	Permite Intervalos
ARTES	VAIRON	2	2	NÃO
CIÊNCIAS	KELLEN	3	1	-
EDUCAÇÃO FÍSICA	ALFONSO	3	1	-
ENSINO RELIGIOSO	EVA	1	1	-
GEOGRAFIA	JULIANO	3	1	-
HISTÓRIA	VERA	3	1	-
INGLÊS	DOUGLAS	2	2	SIM
LÍNGUA PORTUGUESA	ÉDNA	4	2	NÃO
MATEMÁTICA	SARA	4	2	NÃO

- 7ª SÉRIE 02

Disciplina	Professor	Nº de Aulas	Aulas/Dia	Permite Intervalos
ARTES	VAIRON	2	2	NÃO
CIÊNCIAS	KELLEN	3	1	-
EDUCAÇÃO FÍSICA	ALFONSO	3	1	-
ENSINO RELIGIOSO	EVA	1	1	-
GEOGRAFIA	SAIONARA	3	1	-
HISTÓRIA	VERA	3	1	-
INGLÊS	DOUGLAS	2	2	SIM
LÍNGUA PORTUGUESA	ROSELI	4	2	NÃO
MATEMÁTICA	NAZARÉ	4	2	NÃO

- 7ª SÉRIE 03

Disciplina	Professor	Nº de Aulas	Aulas/Dia	Permite Intervalos
ARTES	VAIRON	2	2	NÃO
CIÊNCIAS	KELLEN	3	1	-
EDUCAÇÃO FÍSICA	ALFONSO	3	1	-
ENSINO RELIGIOSO	EVA	1	1	-
GEOGRAFIA	SAIONARA	3	1	-
HISTÓRIA	JULIANO	3	1	-
INGLÊS	DOUGLAS	2	2	SIM
LÍNGUA PORTUGUESA	ROSELI	4	2	NÃO
MATEMÁTICA	SARA	4	2	NÃO

- 8ª SÉRIE 02

Disciplina	Professor	Nº de Aulas	Aulas/Dia	Permite Intervalos
ARTES	VAIRON	2	2	NÃO
CIÊNCIAS	KELLEN	3	1	-
EDUCAÇÃO FÍSICA	ALFONSO	3	1	-
ENSINO RELIGIOSO	EVA	1	1	-
GEOGRAFIA	JULIANO	3	1	-
HISTÓRIA	VERA	3	1	-
INGLÊS	ROSELI	2	2	SIM
LÍNGUA PORTUGUESA	ROSELI	4	2	NÃO
MATEMÁTICA	NAZARÉ	4	2	NÃO

- **ACELERAÇÃO 02**

Disciplina	Professor	Nº de Aulas	Aulas/Dia	Permite Intervalos
ARTES	VAIRON	2	2	NÃO
CIÊNCIAS	ELIZIANE	4	2	SIM
EDUCAÇÃO FÍSICA	ALFONSO	3	1	
GEOGRAFIA	SAIONARA	3	1	
HISTÓRIA	JULIANO	3	1	
INGLÊS	DOUGLAS	2	2	SIM
LÍNGUA PORTUGUESA	ÉDNA	4	2	NÃO
MATEMÁTICA	SARA	4	2	NÃO

- A grade de horários de uma semana contendo os horários de cada turma (que constitui um cromossomo) é composta de 200 horários (8 turmas x 5 horários/dia x 5 dias/semana).
- A disponibilidade dos professores (nota =0) para preencher a grade é 227 horários.
- Os valores máximos atingíveis para cada fator que faz parte do cálculo da aptidão são os seguintes:
 - Horários em Choque = 97;
 - Aulas que ultrapassam o limite diário = 48;
 - Intervalos de Disciplinas = 36;
 - Intervalos de Professores = 71;
 - Aulas Com Nota 1 = 4;
 - Aulas Com Nota 2 = 10;
 - Aulas Com Nota 3 = 10;
 - Aulas Com Nota 4 = 74;

ANEXO III – RESULTADO FINAL

Grade de horários obtida por Turma

- **Turma = 5ª SERIE 03**

	1ª Aula	2ª Aula	3ª Aula	4ª Aula	5ª Aula
Seg	SAION:GEOGR	SARA-:MATEM	ALFON:EDUFI	EDNA-:LINGU	EDNA-:LINGU
Ter	VERA-:HISTO	SARA-:MATEM	KELLE:CIENC	EDNA-:LINGU	DOUGL:INGLE
Qua	VAIRO:ARTES	KELLE:CIENC	ALFON:EDUFI	SARA-:MATEM	VERA-:HISTO
Qui	DOUGL:INGLE	VERA-:HISTO	SARA-:MATEM	VAIRO:ARTES	SAION:GEOGR
Sex	EDNA-:LINGU	ALFON:EDUFI	SAION:GEOGR	KELLE:CIENC	EVA--:ENSRE

- **Turma = 5ª SERIE 04**

	1ª Aula	2ª Aula	3ª Aula	4ª Aula	5ª Aula
Seg	SARA-:MATEM	EVA--:ENSRE	VERA-:HISTO	SAION:GEOGR	ALFON:EDUFI
Ter	EDNA-:LINGU	KELLE:CIENC	EDNA-:LINGU	DOUGL:INGLE	ALFON:EDUFI
Qua	VERA-:HISTO	VAIRO:ARTES	SARA-:MATEM	KELLE:CIENC	EDNA-:LINGU
Qui	SAION:GEOGR	SARA-:MATEM	VERA-:HISTO	KELLE:CIENC	VAIRO:ARTES
Sex	SAION:GEOGR	EDNA-:LINGU	ALFON:EDUFI	DOUGL:INGLE	SARA-:MATEM

- **Turma = 6ª SERIE 03**

	1ª Aula	2ª Aula	3ª Aula	4ª Aula	5ª Aula
Seg	JULIA:GEOGR	VERA-:HISTO	EDNA-:LINGU	EVA--:ENSRE	SARA-:MATEM
Ter	KELLE:CIENC	DOUGL:INGLE	JULIA:GEOGR	SARA-:MATEM	VERA-:HISTO
Qua	SARA-:MATEM	ALFON:EDUFI	VERA-:HISTO	EDNA-:LINGU	KELLE:CIENC
Qui	JULIA:GEOGR	DOUGL:INGLE	ALFON:EDUFI	SARA-:MATEM	KELLE:CIENC
Sex	ALFON:EDUFI	VAIRO:ARTES	VAIRO:ARTES	EDNA-:LINGU	EDNA-:LINGU

- **Turma = 6ª SERIE 04**

	1ª Aula	2ª Aula	3ª Aula	4ª Aula	5ª Aula
Seg	EVA--:ENSRE	ALFON:EDUFI	KELLE:CIENC	VERA-:HISTO	JULIA:GEOGR
Ter	ALFON:EDUFI	JULIA:GEOGR	DOUGL:INGLE	VERA-:HISTO	EDNA-:LINGU
Qua	KELLE:CIENC	EDNA-:LINGU	EDNA-:LINGU	DOUGL:INGLE	SARA-:MATEM
Qui	KELLE:CIENC	JULIA:GEOGR	VAIRO:ARTES	VERA-:HISTO	SARA-:MATEM
Sex	SARA-:MATEM	SARA-:MATEM	EDNA-:LINGU	ALFON:EDUFI	VAIRO:ARTES

- **Turma = 7ª SERIE 02**

	1ª Aula	2ª Aula	3ª Aula	4ª Aula	5ª Aula
Seg	VAIRO:ARTES	KELLE:CIENC	SAION:GEOGR	NAZAR:MATEM	DOUGL:INGLE
Ter	SAION:GEOGR	ROSEL:LINGU	VERA-:HISTO	ROSEL:LINGU	KELLE:CIENC
Qua	EVA--:ENSRE	VERA-:HISTO	ROSEL:LINGU	VAIRO:ARTES	ALFON:EDUFI
Qui	VERA-:HISTO	KELLE:CIENC	DOUGL:INGLE	ALFON:EDUFI	NAZAR:MATEM
Sex	ROSEL:LINGU	NAZAR:MATEM	NAZAR:MATEM	SAION:GEOGR	ALFON:EDUFI

- **Turma = 7ª SERIE 03**

	1ª Aula	2ª Aula	3ª Aula	4ª Aula	5ª Aula
Seg	ALFON:EDUFI	SAION:GEOGR	SARA-:MATEM	JULIA:HISTO	EVA--:ENSRE
Ter	ROSEL:LINGU	ALFON:EDUFI	SARA-:MATEM	KELLE:CIENC	JULIA:HISTO
Qua	ALFON:EDUFI	SARA-:MATEM	JULIA:HISTO	ROSEL:LINGU	ROSEL:LINGU
Qui	SARA-:MATEM	SAION:GEOGR	KELLE:CIENC	DOUGL:INGLE	DOUGL:INGLE
Sex	VAIRO:ARTES	SAION:GEOGR	KELLE:CIENC	VAIRO:ARTES	ROSEL:LINGU

- **Turma = 8ª SERIE 02**

	1ª Aula	2ª Aula	3ª Aula	4ª Aula	5ª Aula
Seg	KELLE:CIENC	JULIA:GEOGR	EVA--:ENSRE	ALFON:EDUFI	NAZAR:MATEM
Ter	JULIA:GEOGR	VERA-:HISTO	ROSEL:LINGU	ALFON:EDUFI	ROSEL:INGLE
Qua	JULIA:GEOGR	ROSEL:LINGU	KELLE:CIENC	VERA-:HISTO	VAIRO:ARTES
Qui	VAIRO:ARTES	ALFON:EDUFI	NAZAR:MATEM	NAZAR:MATEM	VERA-:HISTO
Sex	NAZAR:MATEM	ROSEL:INGLE	ROSEL:LINGU	ROSEL:LINGU	KELLE:CIENC

- **Turma = ACELERAÇÃO 02**

	1ª Aula	2ª Aula	3ª Aula	4ª Aula	5ª Aula
Seg	EDNA-:LINGU	EDNA-:LINGU	JULIA:HISTO	SARA-:MATEM	SAION:GEOGR
Ter	DOUGL:INGLE	EDNA-:LINGU	ALFON:EDUFI	JULIA:HISTO	SARA-:MATEM
Qua	EDNA-:LINGU	JULIA:HISTO	VAIRO:ARTES	ALFON:EDUFI	DOUGL:INGLE
Qui	ALFON:EDUFI	VAIRO:ARTES	SAION:GEOGR	ELIZI:CIENC	ELIZI:CIENC
Sex	ELIZI:CIENC	ELIZI:CIENC	SARA-:MATEM	SARA-:MATEM	SAION:GEOGR

Grade de horários obtida por Professor

- **Professor = AFONSO**

	1ª Aula	2ª Aula	3ª Aula	4ª Aula	5ª Aula
Seg	7SER3:EDUFI	6SER4:EDUFI	5SER3:EDUFI	8SER2:EDUFI	5SER4:EDUFI
Ter	6SER4:EDUFI	7SER3:EDUFI	ACEL2:EDUFI	8SER2:EDUFI	5SER4:EDUFI
Qua	7SER3:EDUFI	6SER3:EDUFI	5SER3:EDUFI	ACEL2:EDUFI	7SER2:EDUFI
Qui	ACEL2:EDUFI	8SER2:EDUFI	6SER3:EDUFI	7SER2:EDUFI	
Sex	6SER3:EDUFI	5SER3:EDUFI	5SER4:EDUFI	6SER4:EDUFI	7SER2:EDUFI

- **Professor = DOUGLAS**

	1ª Aula	2ª Aula	3ª Aula	4ª Aula	5ª Aula
Seg					7SER2:INGLE
Ter	ACEL2:INGLE	6SER3:INGLE	6SER4:INGLE	5SER4:INGLE	5SER3:INGLE
Qua				6SER4:INGLE	ACEL2:INGLE
Qui	5SER3:INGLE	6SER3:INGLE	7SER2:INGLE	7SER3:INGLE	7SER3:INGLE
Sex				5SER4:INGLE	

- **Professor = EDNA**

	1ª Aula	2ª Aula	3ª Aula	4ª Aula	5ª Aula
Seg	ACEL2:LINGU	ACEL2:LINGU	6SER3:LINGU	5SER3:LINGU	5SER3:LINGU
Ter	5SER4:LINGU	ACEL2:LINGU	5SER4:LINGU	5SER3:LINGU	6SER4:LINGU
Qua	ACEL2:LINGU	6SER4:LINGU	6SER4:LINGU	6SER3:LINGU	5SER4:LINGU
Sex	5SER3:LINGU	5SER4:LINGU	6SER4:LINGU	6SER3:LINGU	6SER3:LINGU

- **Professor = ELIZIANE**

	1ª Aula	2ª Aula	3ª Aula	4ª Aula	5ª Aula
Qui				ACEL2:CIENC	ACEL2:CIENC
Sex	ACEL2:CIENC	ACEL2:CIENC			

- **Professor = EVA**

	1ª Aula	2ª Aula	3ª Aula	4ª Aula	5ª Aula
Seg	6SER4:ENSRE	5SER4:ENSRE	8SER2:ENSRE	6SER3:ENSRE	7SER3:ENSRE
Qua	7SER2:ENSRE				
Sex					5SER3:ENSRE

- **Professor = JULIANO**

	1ª Aula	2ª Aula	3ª Aula	4ª Aula	5ª Aula
Seg	6SER3:GEOGR	8SER2:GEOGR	ACEL2:HISTO	7SER3:HISTO	6SER4:GEOGR
Ter	8SER2:GEOGR	6SER4:GEOGR	6SER3:GEOGR	ACEL2:HISTO	7SER3:HISTO
Qua	8SER2:GEOGR	ACEL2:HISTO	7SER3:HISTO		
Qui	6SER3:GEOGR	6SER4:GEOGR			

- **Professor = KELLEN**

	1ª Aula	2ª Aula	3ª Aula	4ª Aula	5ª Aula
Seg	8SER2:CIENC	7SER2:CIENC	6SER4:CIENC		
Ter	6SER3:CIENC	5SER4:CIENC	5SER3:CIENC	7SER3:CIENC	7SER2:CIENC
Qua	6SER4:CIENC	5SER3:CIENC	8SER2:CIENC	5SER4:CIENC	6SER3:CIENC
Qui	6SER4:CIENC	7SER2:CIENC	7SER3:CIENC	5SER4:CIENC	6SER3:CIENC
Sex			7SER3:CIENC	5SER3:CIENC	8SER2:CIENC

- **Professor = NAZARE**

	1ª Aula	2ª Aula	3ª Aula	4ª Aula	5ª Aula
Seg				7SER2:MATEM	8SER2:MATEM
Qui			8SER2:MATEM	8SER2:MATEM	7SER2:MATEM
Sex	8SER2:MATEM	7SER2:MATEM	7SER2:MATEM		

- **Professor = ROSELI**

	1ª Aula	2ª Aula	3ª Aula	4ª Aula	5ª Aula
Ter	7SER3:LINGU	7SER2:LINGU	8SER2:LINGU	7SER2:LINGU	8SER2:INGLE
Qua		8SER2:LINGU	7SER2:LINGU	7SER3:LINGU	7SER3:LINGU
Sex	7SER2:LINGU	8SER2:INGLE	8SER2:LINGU	8SER2:LINGU	7SER3:LINGU

- **Professor = SAIONARA**

	1ª Aula	2ª Aula	3ª Aula	4ª Aula	5ª Aula
Seg	5SER3:GEOGR	7SER3:GEOGR	7SER2:GEOGR	5SER4:GEOGR	ACEL2:GEOGR
Ter	7SER2:GEOGR				
Qui	5SER4:GEOGR	7SER3:GEOGR	ACEL2:GEOGR		5SER3:GEOGR
Sex	5SER4:GEOGR	7SER3:GEOGR	5SER3:GEOGR	7SER2:GEOGR	ACEL2:GEOGR

- **Professor = SARA**

	1ª Aula	2ª Aula	3ª Aula	4ª Aula	5ª Aula
Seg	5SER4:MATEM	5SER3:MATEM	7SER3:MATEM	ACEL2:MATEM	6SER3:MATEM
Ter		5SER3:MATEM	7SER3:MATEM	6SER3:MATEM	ACEL2:MATEM
Qua	6SER3:MATEM	7SER3:MATEM	5SER4:MATEM	5SER3:MATEM	6SER4:MATEM
Qui	7SER3:MATEM	5SER4:MATEM	5SER3:MATEM	6SER3:MATEM	6SER4:MATEM
Sex	6SER4:MATEM	6SER4:MATEM	ACEL2:MATEM	ACEL2:MATEM	5SER4:MATEM

- **Professor = VAIRON**

	1ª Aula	2ª Aula	3ª Aula	4ª Aula	5ª Aula
Seg	7SER2:ARTES				
Qua	5SER3:ARTES	5SER4:ARTES	ACEL2:ARTES	7SER2:ARTES	8SER2:ARTES
Qui	8SER2:ARTES	ACEL2:ARTES	6SER4:ARTES	5SER3:ARTES	5SER4:ARTES
Sex	7SER3:ARTES	6SER3:ARTES	6SER3:ARTES	7SER3:ARTES	6SER4:ARTES

- **Professor = VERA**

	1ª Aula	2ª Aula	3ª Aula	4ª Aula	5ª Aula
Seg		6SER3:HISTO	5SER4:HISTO	6SER4:HISTO	
Ter	5SER3:HISTO	8SER2:HISTO	7SER2:HISTO	6SER4:HISTO	6SER3:HISTO
Qua	5SER4:HISTO	7SER2:HISTO	6SER3:HISTO	8SER2:HISTO	5SER3:HISTO
Qui	7SER2:HISTO	5SER3:HISTO	5SER4:HISTO	6SER4:HISTO	8SER2:HISTO

ANEXO IV – LOCALIZAÇÃO DOS PROBLEMAS NO RESULTADO FINAL

Abaixo serão apresentados os problemas que restaram após 10000 gerações:

∅ Intervalos para as disciplinas com esta restrição, 3 ocorrências:

- Turma = 5ª SERIE 04

	1ª Aula	2ª Aula	3ª Aula	4ª Aula	5ª Aula
Seg	SARA-:MATEM	EVA--:ENSRE	VERA-:HISTO	SAION:GEOGR	ALFON:EDUFI
Ter	EDNA-:LINGU	KELLE:CIENC	EDNA-:LINGU	DOUGL:INGLE	ALFON:EDUFI
Qua	VERA-:HISTO	VAIRO:ARTES	SARA-:MATEM	KELLE:CIENC	EDNA-:LINGU
Qui	SAION:GEOGR	SARA-:MATEM	VERA-:HISTO	KELLE:CIENC	VAIRO:ARTES
Sex	SAION:GEOGR	EDNA-:LINGU	ALFON:EDUFI	DOUGL:INGLE	SARA-:MATEM

- Turma = 7ª SERIE 02

	1ª Aula	2ª Aula	3ª Aula	4ª Aula	5ª Aula
Seg	VAIRO:ARTES	KELLE:CIENC	SAION:GEOGR	NAZAR:MATEM	DOUGL:INGLE
Ter	SAION:GEOGR	ROSEL:LINGU	VERA-:HISTO	ROSEL:LINGU	KELLE:CIENC
Qua	EVA--:ENSRE	VERA-:HISTO	ROSEL:LINGU	VAIRO:ARTES	ALFON:EDUFI
Qui	VERA-:HISTO	KELLE:CIENC	DOUGL:INGLE	ALFON:EDUFI	NAZAR:MATEM
Sex	ROSEL:LINGU	NAZAR:MATEM	NAZAR:MATEM	SAION:GEOGR	ALFON:EDUFI

- Turma = 7ª SERIE 03

	1ª Aula	2ª Aula	3ª Aula	4ª Aula	5ª Aula
Seg	ALFON:EDUFI	SAION:GEOGR	SARA-:MATEM	JULIA:HISTO	EVA--:ENSRE
Ter	ROSEL:LINGU	ALFON:EDUFI	SARA-:MATEM	KELLE:CIENC	JULIA:HISTO
Qua	ALFON:EDUFI	SARA-:MATEM	JULIA:HISTO	ROSEL:LINGU	ROSEL:LINGU
Qui	SARA-:MATEM	SAION:GEOGR	KELLE:CIENC	DOUGL:INGLE	DOUGL:INGLE
Sex	VAIRO:ARTES	SAION:GEOGR	KELLE:CIENC	VAIRO:ARTES	ROSEL:LINGU

∅ Intervalos de professores, 1 ocorrência:

- Professor = SAIONARA

	1ª Aula	2ª Aula	3ª Aula	4ª Aula	5ª Aula
Seg	5SER3:GEOGR	7SER3:GEOGR	7SER2:GEOGR	5SER4:GEOGR	ACEL2:GEOGR
Ter	7SER2:GEOGR				
Qui	5SER4:GEOGR	7SER3:GEOGR	ACEL2:GEOGR		5SER3:GEOGR
Sex	5SER4:GEOGR	7SER3:GEOGR	5SER3:GEOGR	7SER2:GEOGR	ACEL2:GEOGR

Ø Horários dos professores com nota 1 (Bom), 2 ocorrências.

- **Professor = DOUGLAS**

	1ª Aula	2ª Aula	3ª Aula	4ª Aula	5ª Aula
Seg					7SER2: INGLE
Ter	ACEL2: INGLE	6SER3: INGLE	6SER4: INGLE	5SER4: INGLE	5SER3: INGLE
Qua				6SER4: INGLE	ACEL2: INGLE
Qui	5SER3: INGLE	6SER3: INGLE	7SER2: INGLE	7SER3: INGLE	7SER3: INGLE
Sex				5SER4: INGLE	

- **Professor = JULIANO**

	1ª Aula	2ª Aula	3ª Aula	4ª Aula	5ª Aula
Seg	6SER3: GEOGR	8SER2: GEOGR	ACEL2: HISTO	7SER3: HISTO	6SER4: GEOGR
Ter	8SER2: GEOGR	6SER4: GEOGR	6SER3: GEOGR	ACEL2: HISTO	7SER3: HISTO
Qua	8SER2: GEOGR	ACEL2: HISTO	7SER3: HISTO		
Qui	6SER3: GEOGR	6SER4: GEOGR			

Ø Os horários dos professores com nota 2 (Regular), 1 ocorrência.

- **Professor = KELLEN**

	1ª Aula	2ª Aula	3ª Aula	4ª Aula	5ª Aula
Seg	8SER2: CIENC	7SER2: CIENC	6SER4: CIENC		
Ter	6SER3: CIENC	5SER4: CIENC	5SER3: CIENC	7SER3: CIENC	7SER2: CIENC
Qua	6SER4: CIENC	5SER3: CIENC	8SER2: CIENC	5SER4: CIENC	6SER3: CIENC
Qui	6SER4: CIENC	7SER2: CIENC	7SER3: CIENC	5SER4: CIENC	6SER3: CIENC
Sex			7SER3: CIENC	5SER3: CIENC	8SER2: CIENC

Ø Horários dos professores com nota 4 (Péssimo), 2 ocorrências:

- **Professor = DOUGLAS**

	1ª Aula	2ª Aula	3ª Aula	4ª Aula	5ª Aula
Seg					7SER2: INGLE
Ter	ACEL2: INGLE	6SER3: INGLE	6SER4: INGLE	5SER4: INGLE	5SER3: INGLE
Qua				6SER4: INGLE	ACEL2: INGLE
Qui	5SER3: INGLE	6SER3: INGLE	7SER2: INGLE	7SER3: INGLE	7SER3: INGLE
Sex				5SER4: INGLE	

- **Professor = EVA**

	1ª Aula	2ª Aula	3ª Aula	4ª Aula	5ª Aula
Seg	6SER4: ENSRE	5SER4: ENSRE	8SER2: ENSRE	6SER3: ENSRE	7SER3: ENSRE
Qua	7SER2: ENSRE				
Sex					5SER3: ENSRE