

sqtpm

Guilherme P. Telles

1º de maio de 2024

O sqtpm é um sistema para recepção via web, compilação e verificação de correção de trabalhos de programação. Permite a recepção de programas em C, Fortran, C++, Pascal, Python 3, Java e Octave, e de arquivos PDF.

A primeira versão do sqtpm foi escrita no fim de 2003 quando assumi duas turmas de programação na USP. Organizar e verificar a correção dos trabalhos de programação consumia muito tempo. O sqtpm foi colocado no ar pela primeira vez em janeiro de 2004. O sistema evoluiu um pouco com o passar do tempo, mas a filosofia continua a mesma desde a primeira versão: o sistema organiza os trabalhos por diretórios, arquivos e links e o responsável pelos trabalhos gerencia o sistema na linha de comandos. Não há uma interface web de administração, nem há uma interface específica para avaliação de aspectos não-funcionais dos trabalhos.

O sqtpm teve sua inspiração inicial no sistema MC102 construído pelo Zaroni Dias na Unicamp e principalmente nas conversas com o próprio Zaroni, mas não tem código do MC102. Não obstante, a forma de limitar os recursos via `ulimit` durante a execução dos programas submetidos foi igual à usada pelo MC102 em versões mais antigas do sqtpm. À época da primeira versão também tomei conhecimento acerca da existência de outros sistemas do gênero, mas independentemente da existência deles achei melhor fazer do zero do que usar ou adaptar outros sistemas. Desta forma eu teria o prazer de programar, poderia tomar as decisões que eu bem entendesse e não precisaria lidar com programas de outras pessoas.

Este documento descreve o sqtpm. Foi escrito inicialmente para amadurecer as idéias, antes de programar, e agora serve para ajudar a manter, a instalar e a configurar o sistema. É uma mistura de documento de requisitos, de arquitetura e manual, que não é nenhum deles. Este documento descreve a versão 10. O sqtpm é distribuído nos termos da WTFPL v2.

Conteúdo

1	Interface	3
2	Organização do sistema	3
2.1	Usuários e senhas	3
2.2	Trabalhos	4
2.2.1	Permissão para submeter	5
2.2.2	Enunciado	5
2.2.3	Download de casos-de-teste	6
2.2.4	Download de código-fonte fornecido juntamente com o enunciado	6
2.3	Offline	6
3	Envio, compilação e execução	6
3.1	Verificação e casos-de-teste	7
3.2	Log de submissões	8
4	Linguagens e compiladores	9
5	Configuração	9
5.1	Configuração do sistema	10
5.2	Configuração de trabalhos	11
5.3	Verificação de valores de diretrizes	11
5.4	Diretrizes	12
5.5	Mudança do nome de trabalhos	15
5.6	Múltiplas instâncias no mesmo servidor	15
6	Relatórios e tabelas de acertos	15
7	Moss	16
8	Integridade e execução dos casos-de-teste	16
9	Arquivos e permissões	17

1 Interface

A filosofia do sqtpm é organizar os trabalhos por diretórios, arquivos e links de tal forma que o responsável pelos trabalhos gerencie o sistema na linha de comandos. O sqtpm tem uma interface web para submissão de trabalhos e visualização de relatórios de submissão, mas não tem uma interface web para administração, nem há uma interface específica para avaliação de aspectos não-funcionais dos trabalhos.

Uma particularidade da implementação é que a tela inicial, que contém a relação dos trabalhos para um usuário, só é construída quando o usuário faz login. Se houver a inclusão de um trabalho enquanto a sessão do usuário estiver ativa, ele não será incluído na tela inicial até que o usuário faça um novo login.

2 Organização do sistema

O sqtpm está escrito em Perl. Usa Session de Perl-CGI e ExpireSessions de Perl-Session, make, diff, tar, moss (theory.stanford.edu/~aiken/moss) e opcionalmente indent, além dos compiladores. Também empacota o google-code-prettifier. O sistema nunca foi testado em um sistema diferente de GNU/Linux com Apache.

O sqtpm é organizado em uma hierarquia de diretórios onde os componentes dele, as definições de trabalhos e os programas enviados ficam armazenados. O sistema funciona em um diretório que chamaremos **diretório-raiz**. O diretório-raiz contém:

- os programas e arquivos do sistema,
- os arquivos de grupos de usuários, com sufixo `.pass` e
- um subdiretório para cada trabalho.

O comportamento do sqtpm quando nomes de diretórios e nomes de arquivos contêm espaços não foi testado.

2.1 Usuários e senhas

No diretório-raiz deve haver um ou mais arquivos de usuários com nome que tenha sufixo `.pass`. O formato de um arquivo de usuários é:

```
identificador:senha-criptografada
identificador:senha-criptografada
...
identificador:senha-criptografada
```

Os arquivos de usuários devem ser criados apenas com os identificadores seguidos de dois-pontos, um por linha. As senhas são adicionadas pelos usuários através da interface do sistema. O caractere # faz com que o conteúdo de uma linha seja ignorado a partir da primeira ocorrência dele.

Os identificadores de usuários são cadeias de letras e dígitos, opcionalmente precedidos por um * (asterisco) ou por um @ (arroba). Cada identificador deve ser único na união de todos os arquivos de senhas. Não deve haver usuários com identificador backup, extra-files, include ou com prefixo config. O tamanho de um identificador ou senha é limitado a 20 símbolos nos formulários html.

O sistema tem três tipos de usuários: professor, monitor e aluno.

- Usuários que têm um * precedendo o identificador no arquivo de senhas são do tipo professor. Um professor pode ver tabelas consolidadas com as submissões para todas as turmas que têm pelo menos um trabalho do qual ele faz parte, pode submeter trabalhos antes do início ou depois do fim do prazo, sem limite no número de submissões, em qualquer linguagem configurada no sistema e pode comparar trabalhos pelo Moss.
- Usuários que têm um @ precedendo o identificador no arquivo de senhas são do tipo monitor. Um monitor pode ver todas as submissões de todos os trabalhos dos quais ele faz parte, pode submeter trabalhos antes do início ou depois do fim do prazo e sem limite no número de submissões.
- Os demais usuários são alunos. Um aluno pode ver apenas trabalhos e envios dele mesmo.

Cada usuário cadastra sua senha sem intervenção, através da interface do sistema. O sistema foi construído supondo que a lista de usuários possa ser extraída facilmente de algum sistema acadêmico e que cada arquivo contenha usuários de uma mesma turma, ou de outro grupo que faça sentido nas disciplinas.

2.2 Trabalhos

Todo subdiretório do diretório-raiz cujo nome não começa com ponto e que contém um arquivo chamado `config` é um trabalho. No diretório de um trabalho ficam os seguintes arquivos criados pelo professor:

- o arquivo de configuração do trabalho, chamado `config`,
- links simbólicos para arquivos de usuários,
- opcionalmente, os casos-de-teste do trabalho,
- opcionalmente, o programa verificador,
- opcionalmente, arquivos de configuração do trabalho por grupo com prefixo `config-`,

- opcionalmente, o diretório `include`,
- opcionalmente, o arquivo `include.tgz` e
- opcionalmente, o diretório `extra-files`,
- opcionalmente, o arquivo `casos-de-teste.tgz` e
- opcionalmente, o arquivo `casos-de-teste-todos.tgz` e
- opcionalmente, arquivos `.html` e `.png` que compõem o enunciado.

Além desses arquivos, no diretório do trabalho o sistema pode criar:

- um diretório para cada usuário que enviou o trabalho,
- o diretório `backup`,
- arquivos para comparação de saídas de programas, com sufixo `.lc`,
- arquivos com tabelas de acertos de grupos de usuários, com sufixo `.grades` (sobre esses arquivos veja também a Seção 5.5).

Ao submeter um trabalho, um usuário deve enviar um ou mais programas-fonte. O trabalho pode ser configurado para limitar a quantidade e nomes dos arquivos.

2.2.1 Permissão para submeter

Um usuário enxerga e pode enviar um certo trabalho `T` se o identificador dele estiver em algum arquivo de usuários para o qual existe um link dentro do diretório `T`. Essa estrutura permite administrar as autorizações através da criação e remoção de links simbólicos.

Por exemplo, suponha que há três turmas de alunos que submeterão trabalhos da seguinte forma:

Trabalho	Turmas que devem fazer o trabalho
busca em largura	123
árvore geradora	123, 456
caminhos mínimos	456, 789

Os arquivos de usuários e respectivos links simbólicos podem ser construídos da forma como aparecem na Figura 1.

2.2.2 Enunciado

O sistema pode exibir o enunciado de cada trabalho. O enunciado pode ser um arquivo `html` (UTF-8) dentro do diretório do trabalho ou pode ser uma url. Se for um arquivo `html`, o sistema exibe o arquivo. Se for uma url, o sistema exibe um link para ele. O sistema também exibe informações sobre o trabalho, como datas, linguagens, número e nomes de arquivos e outras.

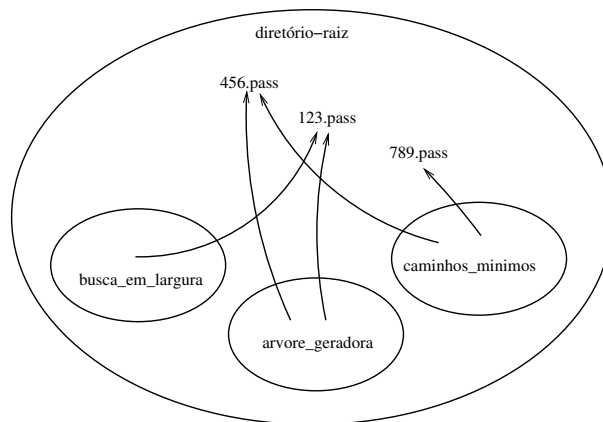


Figura 1: Exemplo de trabalhos e arquivos de grupos.

2.2.3 Download de casos-de-teste

Se houver um arquivo chamado `casos-de-teste-todos.tgz` no diretório do trabalho então, para usuários do tipo professor ou monitor, o sistema exibe um link para download desse arquivo na página do enunciado.

Se houver um arquivo chamado `casos-de-teste.tgz` no diretório do trabalho então o sistema exibe um link para download desse arquivo na página do enunciado, desde que o link para o arquivo `casos-de-teste-todos.tgz` não tenha sido exibido.

2.2.4 Download de código-fonte fornecido juntamente com o enunciado

Se houver um arquivo chamado `include.tgz` no diretório do trabalho então o sistema exibe um link para download desse arquivo na página do enunciado.

2.3 Offline

Se o diretório-raiz tiver um arquivo chamado `offline` então o sistema exibe uma mensagem de manutenção e fecha todas as seções abertas.

3 Envio, compilação e execução

Quando um usuário envia um trabalho, o sistema verifica o identificador, a senha, o número máximo de submissões, as datas-limite, a linguagem, a quantidade, os nomes e os sufixos dos nomes dos arquivos. Se o usuário com identificador `id` submete o trabalho de programação `T` então depois das verificações os arquivos enviados são gravados no diretório `raiz/T/id/`.

Quando o trabalho é apenas para recepção de arquivos PDF então o sistema grava os arquivos no diretório do usuário e termina, sem emissão de uma pontuação. Caso contrário, o programa é compilado (exceto Python e Octave) e executado para cada um dos casos-de-teste que estiverem no diretório do trabalho. Depois de executados, os resultados dos casos-de-teste são verificados e o usuário recebe uma pontuação de 0 a 100%, descontada da multa por atraso se houver. A pontuação pode ser proporcional ao número de casos-de-teste bem sucedidos ou pode ser “0 ou 100”. Se não houver casos-de-teste, o sistema recebe o programa e compila e a pontuação registrará apenas “recebido” ou “recebido +d” para um atraso de d dias.

Se houver um diretório **include** então todos os arquivos dele serão copiados para o mesmo diretório em que os fontes estarão durante a compilação.

Se houver um diretório **extra-files** então todos os arquivos e subdiretórios dele serão copiados para o mesmo diretório em que o executável estará durante a execução dos casos-de-teste.

O **include** e o **extra-files** não devem conter arquivos com os sufixos **.in** e **.out**, que são entradas e saídas dos casos-de-teste.

Se o usuário fizer uma re-submissão do trabalho T e se a opção de backup estiver ativada, os arquivos pré-existentes serão movidos para o diretório **raiz/T/backup/id.tentativa.data/**, onde **tentativa** é o número daquele envio e **data** é a data em que o programa substituído havia sido enviado. Se a opção de backup estiver desativada então os arquivos pré-existentes serão removidos.

3.1 Verificação e casos-de-teste

A forma dos casos-de-teste depende do tipo de verificação que será realizada. Há duas formas de verificação de acerto na execução de um caso-de-teste: por comparação com uma saída esperada e por programa verificador. A seleção do tipo de verificação é feita no arquivo de configuração do trabalho (Seção 5.2).

Verificação por comparação Se a verificação for por comparação com uma saída esperada, cada caso-de-teste **z** deve ser composto por dois arquivos:

- **z.in**, com a entrada para o programa e
- **z.out**, com a saída esperada do programa quando alimentado com a entrada **z.in**.

O resultado da execução de cada caso-de-teste será comparado com o esperado usando **diff**. Para cada arquivo **z.out**, o sistema pode escrever um arquivo **z.out.lc**, usado para melhorar o desempenho das comparações

com `diff`. Os arquivos `lc` são gerados de novo se forem apagados ou se o arquivo `out` correspondente for atualizado.

O resultado da execução de um caso-de-teste pode ser:

- **bem-sucedido:** o resultado produzido pelo programa está idêntico ao esperado.
- **saída com formatação incorreta:** o resultado produzido pelo programa difere do esperado por espaços, fins-de-linha ou caixa de caracteres. O caso-de-teste é considerado mal-sucedido.
- **saída incorreta:** o resultado produzido pelo programa difere do esperado. O caso-de-teste é considerado mal-sucedido.
- **limite de tempo ou memória excedido.**
- **violação de memória.**
- **erro de ponto flutuante.**
- **erro de execução (n):** erro de execução com exit status n diferente de 9 (SIGKILL), 11 (SIGSEGV), 8 (SIGFPE) ou 24 (SIGXCPU).

Embora o nome do arquivo de um caso-de-teste possa ser uma cadeia arbitrária, a tela do sistema exibe apenas números de 1 até n que correspondem à ordem lexicográfica dos nomes dos arquivos. Uma boa prática de organização tem sido dar nomes da forma `dd-cadeia.{in,out}`, porque permitem uma associação direta entre o nome exibido na tela e o nome do arquivo. Por exemplo, `01-grafo-vazio.in`, `02-k5.in`, `03-k3-3.in` etc.

Verificação por programa A verificação através de programa pode ser usada quando a resposta correta para uma entrada não for única ou quando deseja-se usar uma forma de comparação customizada, diferente da que é feita com `diff`. Nesse caso, cada caso-de-teste poderá

- ser composto apenas por um arquivo de entrada `z.in` ou
- ser composto por um de arquivo de entrada `z.in` e por um arquivo com a saída esperada `z.out`.

O resultado da execução será similar ao produzido na verificação por comparação e dependerá do valor retornado pelo programa verificador, como discutido na Seção 5.2.

3.2 Log de submissões

O sistema grava um log de submissões chamado `sqtpm.log` no diretório-raiz. Cada linha do log refere-se a uma submissão ou tentativa de acesso.

4 Linguagens e compiladores

As linguagens de programação com as quais o sqtpm já foi testado são C com gcc, C++ com g++, Fortran com gfortran, Pascal com gpc, Java com JDK Oracle, Python com o interpretador default do Linux e GNU Octave. O acoplamento entre os compiladores/interpretadores e o sqtpm é moderadamente forte, de forma que a troca de algum compilador pode exigir modificar o sqtpm.

As opções globais para os compiladores são definidas no `sqtpm.cfg`. Elas podem ser redefinidas para cada trabalho, como está descrito na Seção 5.2. Não haverá problema em não ter um compilador instalado se a linguagem não for usada.

Programas em C, C++ e Java podem ser formados por um ou mais arquivos. Java exige que a função `main` esteja na classe `Main`, então deve haver um arquivo `Main.java`. Python pode ser formado por um ou mais arquivos, se houver apenas um ele pode ter qualquer nome, se houver mais de um deverá haver um arquivo chamado `main.py`. Octave está limitada a um único arquivo. Fortran e Pascal estão limitadas a receber apenas um arquivo-fonte (as versões mais antigas do sqtpm tinham essa limitação e não fiz os ajustes necessários para removê-las.) Essas limitações estão cravadas no código do sqtpm.

Os nomes dos arquivos-fonte devem ser cadeias de letras, dígitos, pontos, hífenes e sublinhados com os seguintes sufixos, de acordo com a linguagem:

- C: `.c` e `.h`
- C++: `.cpp` e `.h`
- Pascal: `.pas`
- Fortran: `.f` ou `.F`
- Python3: `.py`
- Java: `.java`
- Octave: `.m`

Há ainda a “linguagem” PDF, que apenas permite a recepção de arquivos desse tipo. Para esses arquivos o sufixo deve ser `.pdf`.

5 Configuração

Há um arquivo para configuração do sistema, cada trabalho deve ter seu próprio arquivo de configuração e cada trabalho pode ter arquivos de configuração por grupo de usuários.

Tais arquivos contêm linhas da forma `diretriz=valor`. O caractere `#` faz com que o conteúdo de uma linha seja ignorado a partir de sua primeira ocorrência.

5.1 Configuração do sistema

O arquivo `raiz/sqtpm.cfg` define valores-padrão de diretrizes para todos os trabalhos e diretrizes de configuração do sistema.

Um modelo de arquivo `sqtpm.cfg` aparece a seguir. A seção 5.2 inclui uma descrição das diretrizes.

```
languages = C Fortran PDF C++ Pascal Python3 Java Octave
tries = 20
backup = on
grading = proportional
penalty = 100
files = 1,3
cputime = 1
virtmem = 32768
stkmem = 8192

make = /usr/bin/make
diff = /usr/bin/diff
indent = /usr/bin/indent
tar = /bin/tar

gcc = /usr/bin/gcc
gcc-args = -Wall -O3
gcc-ld-args = -lm
g++ = /usr/bin/g++
g++-args = -Wall -O3
#g++-ld-args =
gfortran = /usr/bin/gfortran
gfortran-args = -Wall
gpc = /usr/local/bin/gpc -Wa,--32 -B /usr/lib32
gpc-args = -Wall -O2
jdk = /opt/jdk/bin
#javac-args =

moss-id = 1234567890
moss-m = 100000
```

As primeiras 9 definem valores padrão que afetam a recepção dos trabalhos e execução dos casos-de-teste.

O segundo grupo tem diretrizes que especificam o path para programas externos usados pelo `sqtpm`.

No terceiro grupo estão as diretrizes que especificam o path para os compiladores (no caso de Java, o path para o diretório dos binários do JDK) e os parâmetros para eles. Observe que não há um parâmetro para Python e Octave. Octave não permite verificação da sintaxe sem executar e Python até permite mas é chato demais para valer a pena; portanto os intepretadores são usados apenas pelo wrapper de execução (Seção s:seguranca). Além de Octave e Python, também há definições dos interpretadores para Java no wrapper de execução.

As duas últimas diretrizes afetam o funcionamento do Moss e são descritas na Seção 7.

As diretrizes que certamente podem ser omitidas são as de compiladores que não são usados, do Moss e do indent. A omissão das demais não foi testada.

O sqtpm usa ulimit para limitar o uso de recursos pelo programa. Parece ser muito difícil limitar memória para Java e Python usando ulimit, então essas linguagens estão com limitação apenas de tempo nos meus executores (veja as seções 5.2 e 8).

Diretrizes que aparecem na configuração do sistema podem ser redefinidas na configuração de cada trabalho e trabalho por grupo, mas as relacionadas ao moss não terão efeito se forem redefinidas para um trabalho.

5.2 Configuração de trabalhos

Cada diretório de trabalho deve conter um arquivo chamado `config`. Cada diretório de trabalho pode conter arquivos com nome com prefixo `config-` seguido de um sufixo para um grupo (prefixo de arquivo `.pass`), que permite refinar as configurações para cada grupo que pode submeter aquele trabalho. Por exemplo, na configuração ilustrada na Figura 1, no diretório `arvore_geradora` deve haver o arquivo `config` e pode haver os arquivos `config-123` ou `config-456`.

Como regra geral, as definições que existirem nos arquivos mais especializados substituirão as que porventura existam nos mais gerais. As diretrizes definidas nos arquivos mais especializados afetarão apenas o trabalho ou grupo de um trabalho para o qual forem definidas. Além disso,

- Para usuários do tipo aluno, todos os arquivos serão incluídos.
- Para usuários do tipo monitor, arquivos de configuração por grupo não serão incluídos.
- Para usuários do tipo professor, arquivos de configuração por grupo não serão incluídos, as linguagens aceitas para envio de trabalho serão as definidas em `sqtpm.cfg` e as linguagens exibidas para comparar trabalhos serão as definidas em `config`.

5.3 Verificação de valores de diretrizes

Alguns valores de diretrizes são verificados apenas quando são usados e, se estiverem incorretos, causarão a terminação do sqtpm. Algumas diretrizes não são verificadas em momento algum, por exemplo, parâmetros para os compiladores e interpretadores.

Uma exceção ao comportamento de terminar em caso de erro são as datas de início e término e o sucesso da leitura de arquivos de configuração de trabalhos, que são verificados para evitar que o sistema termine com erro para alunos enquanto um professor cria um novo trabalho. Durante a construção da página inicial, se algum arquivo de configuração lido para

o aluno tiver datas incorretas ou permissões incorretas então o sqtpm não mostrará aquele trabalho para o aluno, mesmo se devesse por causa das demais configurações. Nesse mesmo caso, o trabalho aparecerá indicado com estado “config” na página inicial do professor.

5.4 Diretrizes

As diretrizes válidas são as seguintes.

- **description = cadeia** Define o enunciado do trabalho. Há duas alternativas. A primeira é o nome de um arquivo html no diretório do trabalho, que será ecoado no browser. A outra é uma url iniciada por http para a qual o sqtpm exibirá um link. Exemplos são:

```
description = http://143.107.183.131/problemas/t1.html
description = enunciado.html
```

- **languages = lista** Define uma lista de linguagens de programação que serão aceitas. Os itens da lista devem ser separados por espaços. Os valores válidos são: C Fortran PDF C++ Pascal Python3 Java Octave. Caixas altas e baixa são importantes e estritas.
- **startup = aaaa/mm/dd hh:mm:ss** Define a data e o horário para começar a exibir o enunciado e passar a aceitar submissões de um trabalho. Se não for incluída, o trabalho passa a ser exibido para usuários que fizerem login depois que os links para arquivos de usuários forem criados. O formato de data e horário deve ser seguido estritamente, com o número extao de dígitos.
- **deadline = aaaa/mm/dd hh:mm:ss** Define a data e o horário limites para a submissão do trabalho. Se não for incluída, o trabalho não deixa de ser aceito.
- **startup-* = aaaa/mm/dd hh:mm:ss** Define a data e o horário para começar a exibir o enunciado e passar a aceitar submissões de um programa por um usuário específico, por exemplo

```
startup-joe = 2024-06-27 18:00:00
```
- **deadline-* = aaaa/mm/dd hh:mm:ss** Define a data e o horário limites para a submissão do trabalho por um usuário específico. Foi adicionado no surto de dengue de 2024, quando vários alunos precisaram de prazo extra.
- **penalty = n** Define a multa percentual sobre os pontos obtidos no trabalho, cobrada por dia de atraso passado da data limite para submissão. Deve ser um número inteiro no intervalo]0,100]. A multa passa a ser aplicada já no primeiro segundo após a data limite. O sistema continuará aceitando o trabalho enquanto o usuário puder ter pontuação maior que zero.

- **grading** = {total,proportional} Define a forma de calcular a pontuação para o trabalho. **total** significa pontuação 100% se o programa for bem sucedido em todos os casos-de-teste ou pontuação 0% caso contrário. **proportional** significa proporcional ao número de casos-de-teste bem sucedidos.
- **keep-open** = aaaa/mm/dd hh:mm:ss Define data e horário limites para que um trabalho encerrado continue sendo aceito sem substituir a última submissão feita dentro do prazo. O número máximo de submissões é acrescido de 10 tentativas e esse limite aumentado é verificado. Se o backup estiver ativo, o sistema salva os envios. Não funciona para PDF.

Este parâmetro não tem um valor padrão em `sqtpm.cfg`, mas pode ser definido naquele arquivo se uma data limite de dry-run para todos os trabalhos for desejável.

- **hide-grades** = {on,off} Se for definida com valor **on** para um trabalho então a nota do trabalho não é exibida para alunos enquanto o trabalho puder ser enviado (**deadline** considerando **penalty** e/ou **keep-open**). Quando o trabalho não puder mais ser enviado então a nota volta a ser exibida.
- **showcases** = lista Define uma lista de nomes de casos-de-teste para os quais o sistema mostrará, se o resultado da execução for incorreto: a entrada, a saída esperada e a saída produzida pelo programa enviado. Se a correção for feita por programa verificador, então não haverá a exibição da saída esperada. Por exemplo:

```
showcases = 01-grafo-vazio 03-k3-3
```

- **tries** = n Define o número máximo de vezes que um trabalho pode ser enviado.
- **files** = n,m Se esta diretriz for definida com valores inteiros **n** e **m** tais que $0 < n \leq m$ então o sistema exige que o número de arquivos fonte esteja entre **n** e **m**.
- **filenames** = lista Define uma lista de nomes separados por espaços. Se for definida então um subconjunto dos arquivos submetidos deve ter arquivos com nomes iguais aos da lista. Se a cadeia {uid} fizer parte de algum nome, ela será substituída pelo identificador do usuário. Se a cadeia {assign} fizer parte de algum nome, então ela será substituída pelo nome do trabalho. Pode ser combinada com a diretriz **files**.
- **backup** = {on,off} Define se o sistema manterá ou não cópias das submissões anteriores.
- **cputime** = n Define o tempo de CPU máximo para executar cada caso-de-teste, em segundos (número inteiro). Esse limite é aplicado a todos os casos-de-teste do sistema (`sqtpm.cfg`) ou de um trabalho (`config*`). Esse valor é usado com `ulimit -t`.

- **virtmem = n** Define o tamanho máximo da memória virtual para executar cada caso-de-teste, em kbytes (número inteiro). Esse limite é aplicado a todos os casos-de-teste do sistema (**sqtpm.cfg**) ou de um trabalho (**config***). Esse valor é usado com **ulimit -v**.
- **stkmem = n** Define o tamanho máximo de pilha para executar cada caso-de-teste, em kbytes (número inteiro). Esse limite é aplicado a todos os casos-de-teste do sistema (**sqtpm.cfg**) ou de um trabalho (**config***). Esse valor é usado com **ulimit -s**.
- **limits = cadeia** Redefine o tempo de CPU, o tamanho máximo da memória virtual e/ou o tamanho máximo de pilha para cada caso-de-teste de um trabalho individualmente. A forma da cadeia deve ser **nome{:[t,v,s]=inteiro}** onde **nome** é o nome de um caso-de-teste, **t** redefine o tempo de CPU em segundos, **v** a memória virtual em kbytes e **s** o tamanho máximo da pilha em kbytes. Os valores que não forem redefinidos permanecem como definidos por **cputime**, **virtmem** e **stkmem**. Por exemplo, supondo os casos-de-teste 01-k10 e 03-k100-100:

```
limits = 01-k10:t=5 03-k100-100:t=10:v=64000:s=16000
```

- **verifier = comando** Define um comando para a execução de um programa verificador. Se esta diretriz não estiver presente, o sistema fará a verificação dos casos-de-teste por comparação da saída.

O **sqtpm** vai executar o programa verificador com três parâmetros, que serão nomes de arquivos com path relativo ao diretório-raiz: a entrada de um caso-de-teste, a saída produzida pelo programa e a saída do caso-de-teste, nesta ordem. O terceiro parâmetro será sempre fornecido ao verificador pelo **sqtpm**, mas pode ser que o arquivo não exista (Seção 3.1). O verificador deve ser construído de acordo com a forma dos casos-de-teste, ignorando o terceiro parâmetro se for adequado.

O programa verificador deve retornar 0 se a saída for correta, 1 se for incorreta, 2 se houver erro de formatação e maior que 2 se houver um erro de execução do próprio verificador. O programa verificador não será interrompido pelo **sqtpm** e portanto deve ser o mais robusto possível para que não surjam zumbis.

Se o comando começar com o caractere **@**, então o caractere **@** será substituído pelo path do diretório do trabalho. Por exemplo, se um trabalho **T** possui como verificador um executável chamado **verif**, que está no próprio diretório do trabalho, a diretriz será:

```
verifier = @verif
```

Outros exemplos são:

```
verifier = /tmp/verif  
verifier = /usr/bin/perl @verif.pl  
verifier = /usr/bin/perl /tmp/verif.pl
```

- gcc-args = cadeia
gcc-ld-args = cadeia
g++-args = cadeia
g++-ld-args = cadeia
gpc-args = cadeia
gfortran-args = cadeia
javac-args = cadeia

Definem parâmetros adicionais para os compiladores. Não devem incluir o parâmetro `-o`.

5.5 Mudança do nome de trabalhos

Se o diretório de um trabalho for renomeado enquanto ele estiver aberto, haverá inconsistência entre arquivos de tabelas de acertos (sufixo `.grades`) e o nome do diretório do trabalho. Se houver essa inconsistência, o usuário será bloqueado ao tentar acessar um relatório de submissão a partir da tabela de acertos. Para evitar essa situação, os arquivos `.grades` devem ser removidos sempre que um trabalho for renomeado. Observe que as submissões feitas antes da mudança de nome ainda terão o nome antigo nos relatórios. Situação semelhante pode ocorrer se o diretório da submissão de um usuário for removido e os arquivos `.grades` ficarem inconsistentes.

Quando um usuário é bloqueado, a sessão do usuário é terminada, a linha do usuário no arquivo `.pass` é comentada e uma linha é adiciona ao log.

5.6 Múltiplas instâncias no mesmo servidor

Não deve ser um problema ter mais de uma instância do sqtpm no mesmo servidor.

6 Relatórios e tabelas de acertos

O relatório de uma submissão pode ser visto pelo próprio aluno e pelos professores que tiverem acesso ao trabalho. O relatório de submissão inclui os arquivos enviados. Se o arquivo enviado for um programa então a sintaxe será destacada pelo `google-code-prettifier`. Programas C também serão endentados usando `indent`. Arquivos PDF ficam disponíveis para download.

Professores podem ver as submissões de todos os usuários dos trabalhos que fizeram parte tabuladas por arquivo de usuários. O sistema gera uma tabela para cada trabalho individualmente e uma para todos os trabalhos

juntos. Um link em cada elemento da tabela permite a exibição do relatório da submissão. A ordem de exibição nas tabelas é alfabética. Juntamente com a tabela para um trabalho, o sqtpm vai mostrar histogramas de submissões se a opção de backup estiver ativada.

7 Moss

Os programas podem ser enviados pelo sqtpm para o Moss. O sqtpm exibe um link para comparação, que será refeita a cada 14 dias (tempo que o Moss mantém os resultados on-line) ou sempre que houver uma nova submissão.

No arquivo de configuração, `moss-id` deve conter um número de registro para um usuário do Moss e `moss-m` é o valor do parâmetro `-m`.

8 Integridade e execução dos casos-de-teste

Para evitar que alguém explore os diretórios dos trabalhos diretamente e veja os programas enviados por outras pessoas e os arquivos de configuração do sqtpm, o servidor http deve ser configurado para bloquear listagem de diretórios e bloquear acesso a qualquer arquivo que não seja `.cgi`, `.js` e `.css`. Essa restrição deve ser aplicada ao diretório-raiz e a todos os subdiretórios dele. Também é interessante usar alguma ferramenta para bloquear ataques ao servidor.

Executar código alienígena é uma brecha de segurança enorme. O sqtpm executa cada caso-de-teste através de um wrapper chamado `sqtpm-etc.sh` que recebe como parâmetros o identificador do usuário, o nome do trabalho, a linguagem, o nome do programa, o tempo máximo de CPU, o tamanho da memória virtual e o tamanho da pilha. Depois desses sete parâmetros vêm zero ou mais quádruplas que especificam limites por caso-de-teste, cada uma com o nome do caso-de-teste, o tempo máximo de CPU, o tamanho da memória virtual e o tamanho da pilha.

O nome do programa executável que o wrapper deve executar é sempre `elf` para linguagens compiladas. Para Java, o jar se chama `elf.jar`. Para Octave o nome do programa é o nome do arquivo `.m` submetido pelo usuário. Para Python, é `elf.tar` se houver mais de um arquivo fonte ou, caso contrário, o nome do arquivo `.py` submetido pelo usuário. Os interpretadores de Python, Java e Octave também são usados pelo wrapper.

O wrapper deve executar cada caso-de-teste aplicando as restrições de memória e tempo de CPU. Ele também deve fazer com que o conteúdo do diretório `extra-files` esteja no mesmo lugar onde o executável estiver. Para cada arquivo `z.in` esse wrapper deve escrever os seguintes arquivos no diretório `raiz/trabalho/_uid_tmp/`:

- `z.run.out`: stdout da execução do caso-de-teste.

- `z.run.err`: stderr da execução do caso-de-teste.
- `z.run.st`: exit status da execução do caso-de-teste.

O wrapper mais simples e insano executa os casos-de-teste no próprio servidor. Esse é o `sqtpm-etc-localhost.sh`, que criei apenas para testar. Soluções melhores usam uma máquina virtual ou um container.

Criei o par `sqtpm-etc-vbox-shared.sh` e `vbox-etc-shared.sh` para usar com uma máquina virtual no VirtualBox com diretório compartilhado. Testei também um par de scripts para VirtualBox sem diretório compartilhado e foram bem mais lentos. Mais recentemente criei o par `sqtpm-etc-docker.sh` e `docker-etc.sh`.

Esses wrappers escrevem em um arquivo `sqtpm-etc.log` quando falham.

Sempre que houver uma tentativa de enviar uma requisição http com parâmetros incorretos, por exemplo para um trabalho para o qual o usuário não tem permissão, a sessão do usuário será terminada e ele será bloqueado. O arquivo `.pass` que contém o usuário será alterado e o sistema vai adicionar uma linha ao log.

No segundo semestre de 2013 houve um número muito grande de submissões por alguns alunos (na casa das centenas), o que considerei um tipo de ataque. Então implementei um limite do número de submissões. Como opção considerei também uma espera à medida que o número de submissões aumenta, mas gostei mais do limite.

9 Arquivos e permissões

Os arquivos e diretórios que compõem o `sqtpm` estão listados a seguir com suas permissões, usuário e grupo, sendo que `www-data` é o grupo do `apache`. Diretórios de trabalhos devem ter modo `2770`, como o do trabalho `trabalho1` exemplificado na figura. Permissões de arquivos incorretas causam a terminação do `sqtpm` na tentativa de abertura ou de escrita.

```
-rwxr-x--- gpt www-data sqtpm.cgi
-rwxr-x--- gpt www-data sqtpm-pwd.cgi
-rw-r----- gpt www-data sqtpm.pm
-rw-r----- gpt www-data sqtpm.cfg
-rw-r----- gpt www-data sqtpm.css
-rw-r----- gpt www-data sqtpm.js
-rw-rw---- gpt www-data sqtpm.log

-rw-r----- gpt www-data bula.html
-rw-r----- gpt www-data home.html
-rw-r----- gpt www-data envio.html
-rw-r----- gpt www-data saida.html
-rw-r----- gpt www-data icon.png
-rw-r----- gpt www-data keep-calm-and-0-no-sqtpm-200.png
-rw-r----- gpt www-data kiss-230.webp

drwxr-s--- gpt www-data google-code-prettify
-rw-r----- gpt www-data moss-sqtpm
```

```
lrwxrwxrwx gpt www-data sqtpm-etc.sh -> sqtpm-etc-docker.sh
-rwxr-x--- gpt www-data sqtpm-etc-docker.sh

drwxrws--- gpt www-data trabalho1
drwxrws--- gpt www-data trabalho2
```

Ainda há os seguintes arquivos de apoio (diretório Utils):

- **fix-perms.sh**: Script para ajustar as permissões dos arquivos.

Se for executado com o nome do trabalho como parâmetro, ajusta apenas as permissões dos arquivos daquele trabalho. Esse tipo de execução deveria ser feito depois que o diretório de um trabalho for criado e os arquivos forem colocados nele, mas antes da criação dos links dos grupos.

Se for executado sem parâmetros ajusta as permissões de todos arquivos do sistema e de todos os trabalhos. Essa execução só precisa ser feita uma vez, depois de instalar o sistema e antes de acessá-lo pela primeira vez.

- **sqtpm-clean-sessions.sh**: Script que remove os arquivos de sessões expiradas.
- **sqtpm-etc-docker.sh** e **docker-etc.sh**: Par de programas para execução de casos-de-teste em um contêiner Docker.