

MINISTÉRIO DA DEFESA

DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA

(Real Academia de Artilharia, Fortificação e Desenho, 1792)

**IMPLEMENTAÇÃO DO GRAVADOR DIGITAL DO MÓDULO DE
GUERRA ELETRÔNICA MULTI-PLATAFORMA**

PAULO IGOR BARBOSA MARTINS

PEDRO GAMA RODRIGUES DOS SANTOS

Rio de Janeiro

2012

INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA

PAULO IGOR BARBOSA MARTINS

PEDRO GAMA RODRIGUES DOS SANTOS

**IMPLEMENTAÇÃO DO GRAVADOR DIGITAL DO MÓDULO DE GUERRA
ELETRÔNICA MULTI-PLATAFORMA**

Projeto de Fim de Curso apresentada ao Curso de Graduação de Engenharia de Computação como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro.

Orientador: Julio Cesar Duarte, D.C.

Rio de Janeiro

2012

INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA

Praça General Tibúrcio, 80 – Praia Vermelha

Rio de Janeiro - RJ CEP: 22290-270

Este exemplar é de propriedade do Instituto Militar de Engenharia, que poderá incluí-lo em base de dados, armazenar em computador, microfilmear ou adotar qualquer forma de arquivamento.

É permitida a menção, reprodução parcial ou integral e a transmissão entre bibliotecas deste trabalho, sem modificação de seu texto, em qualquer meio que esteja ou venha a ser fixado, para pesquisa acadêmica, comentários e citações, desde que sem finalidade comercial e que seja feita a referência bibliográfica completa.

Os conceitos expressos neste trabalho são de responsabilidade do autor e do orientador.

621.39 Martins, Paulo Igor Barbosa;
M 368i

Implementação do Gravador Digital do Módulo de Guerra Eletrônica Multi-Plataforma/Paulo Igor Barbosa Martins, Pedro Gama Rodrigues dos Santos; orientado por Julio Cesar Duarte.- Rio de Janeiro: Instituto Militar de Engenharia, 2012.

47 f.: il

Projeto de Final de Curso.- Instituto Militar de Engenharia. - Rio de Janeiro, 2012.

1.Engenharia da Computação. 2.Muti-Plataforma.
3.Gravador de áudio digital. 4. Guerra Eletrônica. I. Santos, Pedro Gama Rodrigues dos. II. Duarte, Julio Cesar. III. Título. IV. Instituto Militar de Engenharia.

CDD 621.39

INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA

**PAULO IGOR BARBOSA MARTINS
PEDRO GAMA RODRIGUES DOS SANTOS**

**IMPLEMENTAÇÃO DO GRAVADOR DIGITAL DO MÓDULO DE GUERRA
ELETRÔNICA MULTI-PLATAFORMA**

Projeto de Fim de Curso do Instituto Militar de Engenharia

Orientador: Maj Julio Cesar Duarte - D.C.

Banca Examinadora:

Prof. Julio Cesar Duarte – Maj QEM, D.C. do IME

Prof. David Fernandes Cruz Moura – Maj QEM, D.Sc., IME

Rio de Janeiro

2012

SUMÁRIO

LISTA DE ILUSTRAÇÕES	07
LISTA DE SIGLAS	08
1 INTRODUÇÃO	11
1.1 Contextualização	11
1.2 Objetivo	12
1.3 Motivação	12
1.4 Metodologia	13
1.5 Estrutura da monografia	13
2 LEVANTAMENTO DE REQUISITOS	14
2.1 Requisitos de maior prioridade	14
2.2 Requisitos de prioridade média	15
2.3 Requisitos de menor prioridade	15
3 MODELAGEM	17
3.1 Diagrama de Casos de Uso	17
3.2 Descrição Textual dos Casos de Uso mais importantes	18
3.2.1 Caso de Uso Gravar	19
3.2.2 Caso de Uso Reproduzir	20
3.3 Diagrama de Classes	21
3.4 Diagrama de Sequência	23

4 SISTEMA DE REGISTRO DE ÁUDIO MULTIPLATAFORMA PARA GE (SIRAMPLA)	26
4.1 Desenvolvimento de protótipo	27
4.2 Implementação das funcionalidades de gravação de áudio	28
4.3 Implementação das funcionalidades de reprodução de áudio	28
4.4 Implementação da pausa na gravação quando nível de sinal estiver baixo	29
4.5 Implementação das funcionalidades de controle e configuração	29
4.6 Implementação das funcionalidades de banco de dados.....	32
4.7 Interface do SiRAMPla.....	34
5 CONCLUSÃO	38
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39
APÊNDICE A – Casos de Uso do Sistema	40

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIG 3.1 Diagrama de Casos de Uso	18
FIG 3.2 Diagrama de Classes	22
FIG 3.3 Diagrama de Sequência	24
FIG 4.1 Protótipo do SiRAMPla	27
FIG 4.2 Janela de controle do SiRAMPla.....	30
FIG 4.3 Janela de configuração do SiRAMPla.....	31
FIG 4.4 Janela de visualização do banco de dados do SiRAMPla.....	33
FIG 4.5 Janela principal do SiRAMPla no <i>Windows</i>	35
FIG 4.6 Janela principal do SiRAMPla no Linux.....	35
FIG 4.7 Janela de configuração dos canais do SiRAMPla no <i>Windows</i>	36
FIG 4.8 Janela de configuração dos canais do SiRAMPla no Linux.....	36

LISTA DE SIGLAS

CTEx – Centro Tecnológico do Exército.

SO – Sistema Operacional

SiRAMPla – Sistema de Registro de Áudio MultiPlataforma.

PCM – *Pulse Code Modulation* (Modulação por Código de Pulsos).

RESUMO

O registro digital de áudio é uma medida de grande apoio no contexto de Guerra Eletrônica. Apesar da perda que se tem quando ocorre a conversão do som analógico para o formato digital, essa perda é imperceptível ao ouvido humano.

O presente trabalho baseia-se na implementação de um gravador de áudio digital multiplataforma - chamado Sistema de Registro de Áudio MultiPlataforma para GE (SiRAMPla) - que será integrado ao framework de Guerra Eletrônica que foi desenvolvido no CTEEx.

O SiRAMPla é baseado no módulo de gravação de áudio digital já existente no framework do CTEEx. Esse módulo possui uma alta dependência de bibliotecas do sistema operacional Windows. Assim, esse trabalho visa encontrar uma solução equivalente para o Linux e verificar a possibilidade de que essa solução seja utilizada em vários sistemas operacionais.

ABSTRACT

Digital audio recording is a measure of great support in the context of Electronic Warfare (EW), despite the loss due to analog to digital sound conversion, which is imperceptible to human ear.

The objective of the present work is to implement a multiplatform digital recording system, named SiRAMPla (Sistema de Registro de Áudio MultiPlataforma) in Portuguese, which will be integrated to the EW framework developed at CTEEx.

SiRAMPla is an alternative to the digital audio recording system that exists in the CTEEx framework, which has a high dependency on the operational system libraries of Windows. Thus, this work aims finding an equivalent solution for Linux, which can also be used in other operational systems.

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

A Guerra Eletrônica (GE) refere-se a qualquer ação envolvendo o uso do espectro eletromagnético, para controlá-lo, atacar um inimigo, ou se proteger de ataques por esse meio. O propósito da GE é negar ao inimigo as vantagens do acesso ao espectro eletromagnético, e garantir o acesso amigo ao espectro eletromagnético.

A GE se divide em três grandes áreas: Medidas de Apoio de Guerra Eletrônica (MAGE), que tem por objetivo a obtenção de informações a partir das emissões eletromagnéticas do inimigo; Medidas de Ataque Eletrônico (MAE), que visam impedir ou reduzir o uso efetivo do espectro eletromagnético pelo inimigo; Medidas de Proteção Eletrônica (MPE), que buscam garantir o uso efetivo do espectro eletromagnético pelas forças amigas.

As MAGE consistem em “escutar” passivamente o espectro eletromagnético, buscando informações de interesse. Essas informações podem ser usadas para o reconhecimento de ameaças, planejamento, ou outras atividades de inteligência.

Uma dessas medidas de apoio é a gravação de áudio. A gravação de áudio digital consiste na representação digital de uma onda sonora por meio de um código binário. O processo de gravação digital envolve a conversão do som analógico para o digital, o que acarreta numa perda, pois o som digital não é capaz de representar o som analógico de maneira exata. No

entanto, com o avanço das técnicas de conversão, é possível tornar essa perda de qualidade imperceptível ao ouvido humano.

1.2 OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é o desenvolvimento de uma solução em Linux para a gravação de áudio digital, o Sistema de Registro de Áudio MultiPlataforma para GE (SiRAMPla). Este aplicativo será integrável ao framework de Guerra Eletrônica que foi desenvolvido no CTEEx.

1.3 MOTIVAÇÃO

Atualmente, equipamentos eletrônicos estão sendo cada vez mais utilizados por organizações civis e militares para diversos fins, como inteligência, comunicações, armazenamento e processamento de informações, etc. A GE, então se torna uma poderosa ferramenta, pois pode ser usada tanto para garantir o bom funcionamento desses equipamentos quanto para impedir que outros os utilizem.

O Plano Básico de Ciência e Tecnologia (PBCT) é o documento que sintetiza as ações a serem efetivadas em prol da eficácia, eficiência e modernização do Sistema de Ciência e Tecnologia do Exército Brasileiro. O PBCT tem como um dos seus grupos finalísticos o Grupo de Guerra Eletrônica (GGE), indicando a importância da GE para o Exército Brasileiro.

Com o avanço da tecnologia de gravação digital de áudio, a gravação e o armazenamento de áudio em um computador pessoal são possíveis atualmente. O áudio digital apresenta diversas vantagens sobre o analógico, no que diz respeito ao armazenamento. As cópias digitais são réplicas quase exatas, e podem ser duplicadas indefinidamente, e por ficarem

guardadas no computador são de mais fácil armazenamento, ao contrário, por exemplo, de gravações feitas em fita, que ocupam grande espaço físico.

O objetivo de fazer um sistema multiplataforma traz várias vantagens. Com o avanço do sistema operacional da Apple e a procura cada vez maior por sistemas de *software* livre (como é o caso do Linux), principalmente em instituições governamentais, um sistema implantável em vários SO's pode ser usado por um número maior de usuários. Além disso, com a difusão do uso de dispositivos móveis (*smartphones* e *tablets*), é fundamental que qualquer desenvolvedor de *software* esteja atento para que seu programa possa ser facilmente portátil para o uso nesses dispositivos.

1.4 METODOLOGIA

O projeto do SiRAMPla foi desenvolvido da seguinte forma:

- Primeiro, foi feita uma “engenharia reversa” do software de gravação de áudio já existente no framework de GE do CTEEx. Para isso, observou-se, na visão de um usuário do sistema (sem acesso ao código-fonte), o software em funcionamento. A partir dessa observação, analisaram-se as funcionalidades existentes no programa, funcionalidades essas que o SiRAMPla deve fornecer de uma maneira multiplataforma, já que o software existente só funciona na plataforma Windows.
- A partir dessa “engenharia reversa” foram levantadas as funcionalidades requeridas do SiRAMPla. Com isso, foram montados os casos de uso do programa, os projetos de classes do programa, e os diagramas de sequência.
- De posse desse planejamento, o software foi efetivamente desenvolvido. Esse desenvolvimento foi feito nas linguagens C++ (funcionalidades de registro de áudio) e SQL (para o banco de dados), utilizando o *Qt* como plataforma de desenvolvimento das interfaces com o usuário e funcionalidades de gravação/reprodução de áudio e o *Postgres* para o desenvolvimento do banco de dados .

1.5 ESTRUTURA DA MONOGRAFIA

O resto desta monografia está organizado da seguinte forma: o capítulo 2 descreve o levantamento dos requisitos do programa; o capítulo 3 explica como foi feita a modelagem do programa com os casos de uso levantados; o capítulo 4 apresenta o que foi efetivamente desenvolvido do SiRAMPla, com um detalhamento de como foi feito e das principais classes do *Qt* utilizadas ; e o capítulo 5 mostra a conclusão e sugestões de trabalhos futuros.

2 LEVANTAMENTO DE REQUISITOS

O gravador digital de múltiplos canais desenvolvido possui alguns requisitos específicos, tendo em vista que ele deveria ser semelhante à solução já desenvolvida no CTE_x para o sistema operacional *Windows*.

Para fazer o levantamento de requisitos, foi analisado o gravador de áudio digital já desenvolvido. Para tal, optou-se por utilizar uma máquina virtual do *WindowsXP*, por questões de compatibilidade com o aplicativo. Após o uso e observação do gravador em funcionamento, gerou-se uma lista dos requisitos a serem obedecidos pelo SiRAMPla. Então, optou-se por dividir tais requisitos de acordo com suas prioridades, a fim de estabelecer a ordem em que as funcionalidades deveriam ser desenvolvidas.

Tal divisão levou em conta principalmente a dependência que determinado requisito tinha com as bibliotecas do *Windows* (por exemplo, as funcionalidades de gravação tinham grande dependência na solução existente do *DirectX*, exclusivo do *Windows*). Além disso, para estabelecer o que deveria ser implementado primeiro foram feitos diversos questionamentos com o cliente, futuro usuário da solução desenvolvida.

De posse dessas informações, os requisitos foram priorizados em uma escala de 1 a 3, em que um requisito de prioridade 1 representa um requisito de maior prioridade. A seguir, são

listados os requisitos e, para aqueles implementados, é feito um mapeamento do requisito com os respectivos casos de uso.

2.1 REQUISITOS DE MAIOR PRIORIDADE

Os requisitos de prioridade grau 1 são descritos abaixo:

- Gravação simultânea em até 4 canais diferentes de áudio - Caso de uso Gravar.
- Uma janela de configuração, na qual o usuário pode escolher a placa de som (e se canal esquerdo ou direito) a ser usada para cada canal de gravação e o diretório para salvar os arquivos gravados em cada canal - Caso de uso Configurar Gravador.
- Reprodução de áudios já gravados ao mesmo tempo em que são feitas outras gravações. O arquivo de som a ser reproduzido pode ser também o mesmo que está sendo gravado - Caso de uso Ouvir Áudio Gravado.

2.2 REQUISITOS DE PRIORIDADE MÉDIA

Os requisitos de prioridade grau 2 são:

- Controle da tolerância a um som ambiente do gravador (relação sinal-ruído mínima a partir da qual a gravação deve ser “ativada” – função VOX), de forma a permitir a detecção de “silêncio” na comunicação – Caso de uso Configurar parâmetros de gravação/reprodução.
- Possibilidade de escrever comentários associados a cada arquivo de gravação e o momento durante a gravação em que tal comentário foi criado – Caso de uso Escrever comentário.
- Utilizar um banco de dados para armazenar registros referentes a cada gravação, como tempo de gravação, hora de início/término, canal onde foi feita a gravação, comentários associados a ela, o diretório de cada gravação – Caso de uso Visualizar banco de dados.

2.3 REQUISITOS DE MENOR PRIORIDADE

Por último, requisitos de grau 3 de prioridade, que serão desenvolvidos em trabalhos futuros, são os apresentados a seguir:

- Uma interface que permita pesquisas pelos arquivos de áudio por diversos filtros: data, comentários, canal e/ou diretório.
- Enquanto é feita a gravação será disparado um cronômetro que marca o tempo da mesma.
- O aplicativo informa possíveis erros durante sua inicialização (por exemplo, erro de acesso ao banco de dados, erro com a placa de som).
- Possibilidade de remover uma entrada do banco de dados, juntamente com o arquivo de áudio associado.
- Possibilidade de verificar as entradas do banco de dados, cujos arquivos tenham sido removidos acidentalmente.
- Possibilidade de exportação/importação do banco de dados para arquivos de texto (preferencialmente com extensão *.xml*).
- Esquema de cores para as entradas do banco de dados (arquivo sendo gravado, arquivo excluído).

3 MODELAGEM

3.1 DIAGRAMA DE CASOS DE USO

A partir dos requisitos levantados para o gravador digital, foi feita a modelagem dos casos de uso para o projeto do software.

Na primeira fase do projeto, foram modelados os casos de uso referentes aos requisitos de maior prioridade e prioridade média. O diagrama de casos de uso englobando esses requisitos é mostrado na figura 3.1:

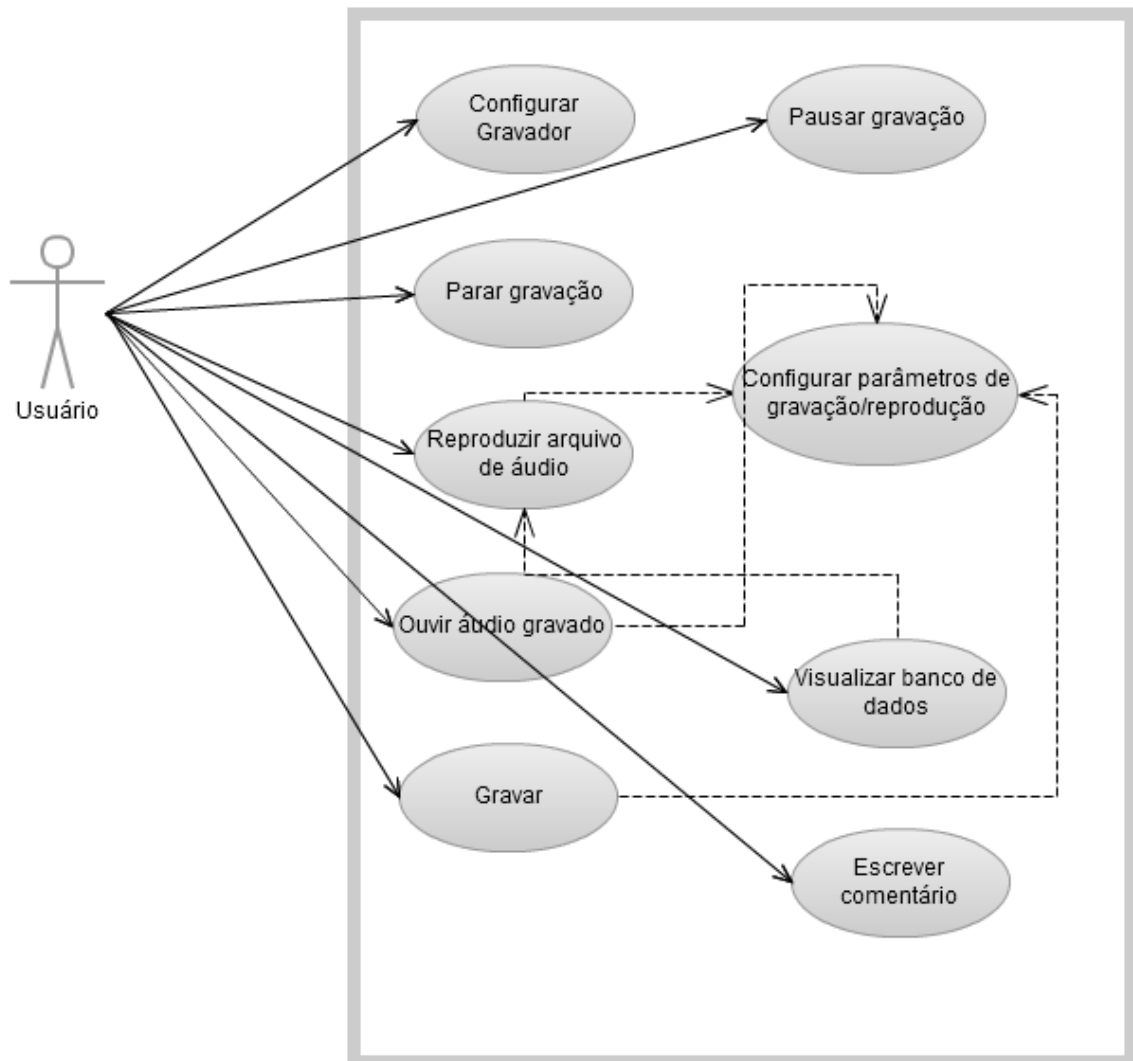


FIG 3.1: Diagrama de Casos de Uso

3.2 DESCRIÇÃO TEXTUAL DOS CASOS DE USO MAIS IMPORTANTES

Os casos de uso mais importantes (gravar e reproduzir) têm suas descrições textuais mostradas abaixo. A descrição textual dos demais casos de uso encontra-se no apêndice A.

3.2.1 Caso de Uso Gravar

Ator primário: Usuário

Atores secundários: não há

Pré-condições: nenhuma

Fluxo Básico de Eventos:

1. ESTE CASO DE USO COMEÇA QUANDO o usuário deseja realizar uma gravação.
2. Incluir caso de uso Configurar parâmetros de gravação/reprodução.
3. O usuário seleciona o canal para realizar a gravação.
4. O usuário seleciona a opção “Gravar”.
5. O sistema cria um registro do áudio no banco de dados.
6. O sistema capta o som através do dispositivo de gravação correspondente ao canal selecionado, o grava num arquivo de áudio E O CASO DE USO TERMINA.

Fluxos Alternativos de Eventos:

FUNÇÃO VOX É ATIVADA

No passo [6. O sistema capta o som através do dispositivo de gravação correspondente ao canal selecionado e o grava num arquivo de áudio.], se a opção “VOX” estiver selecionada e a relação sinal-ruído estiver abaixo do limiar estabelecido:

1. O sistema espera o tempo de espera pré-determinado.
2. O sistema deixa de gravar o áudio no arquivo até a relação sinal-ruído passar do limiar E O CASO DE USO CONTINUA NO PASSO 5 DO FLUXO BÁSICO DE EVENTOS.

USUÁRIO DESEJA REPRODUZIR UM ARQUIVO DE ÁUDIO

No passo [3. O sistema capta o som através do dispositivo de gravação correspondente ao canal selecionado.], se o usuário selecionar a opção “Reproduzir”:

1. Incluir caso de uso Reprodução.

Pós-condições:

O sistema gravou informações em um arquivo de áudio.

Regras de negócio:

R1: O sistema deve permitir a gravação simultânea em até 4 canais de áudio diferentes.

3.2.2 Caso de Uso Reproduzir

Ator primário: Usuário

Atores secundários: não há

Pré-condições: nenhuma

Fluxo Básico de Eventos:

1. ESTE CASO DE USO COMEÇA QUANDO o usuário deseja reproduzir um arquivo de áudio.
2. Incluir caso de uso Configurar parâmetros de gravação/reprodução.
3. O usuário seleciona um arquivo de áudio.
4. O usuário seleciona a opção “Reproduzir”.
5. O sistema abre o arquivo selecionado.
6. O sistema reproduz o áudio através do canal selecionado na configuração.
7. O sistema reproduz o arquivo de áudio até o seu final E O CASO DE USO TERMINA.

Fluxos Alternativos de Eventos:

USUÁRIO PARA A REPRODUÇÃO

No passo [6. O sistema reproduz o áudio através do canal selecionado na configuração.], se o usuário selecionar a opção “Parar reprodução”:

1. O sistema pára de reproduzir o arquivo de áudio E O CASO DE USO TERMINA.

USUÁRIO PAUSA A REPRODUÇÃO

No passo [6. O sistema reproduz o áudio através do canal selecionado na configuração.], se o usuário selecionar a opção “Pausar reprodução”:

1. O sistema para de reproduzir o arquivo de áudio.
2. O usuário seleciona a opção “Reproduzir”.
3. O sistema continua a reprodução do arquivo do ponto em que parou E O CASO DE USO CONTINUA NO PASSO 6 DO FLUXO BÁSICO DE EVENTOS.

3.3 DIAGRAMA DE CLASSES

As classes levantadas para o projeto do gravador são mostradas na figura 3.2:

Diagrama de Classes Gravador Digital

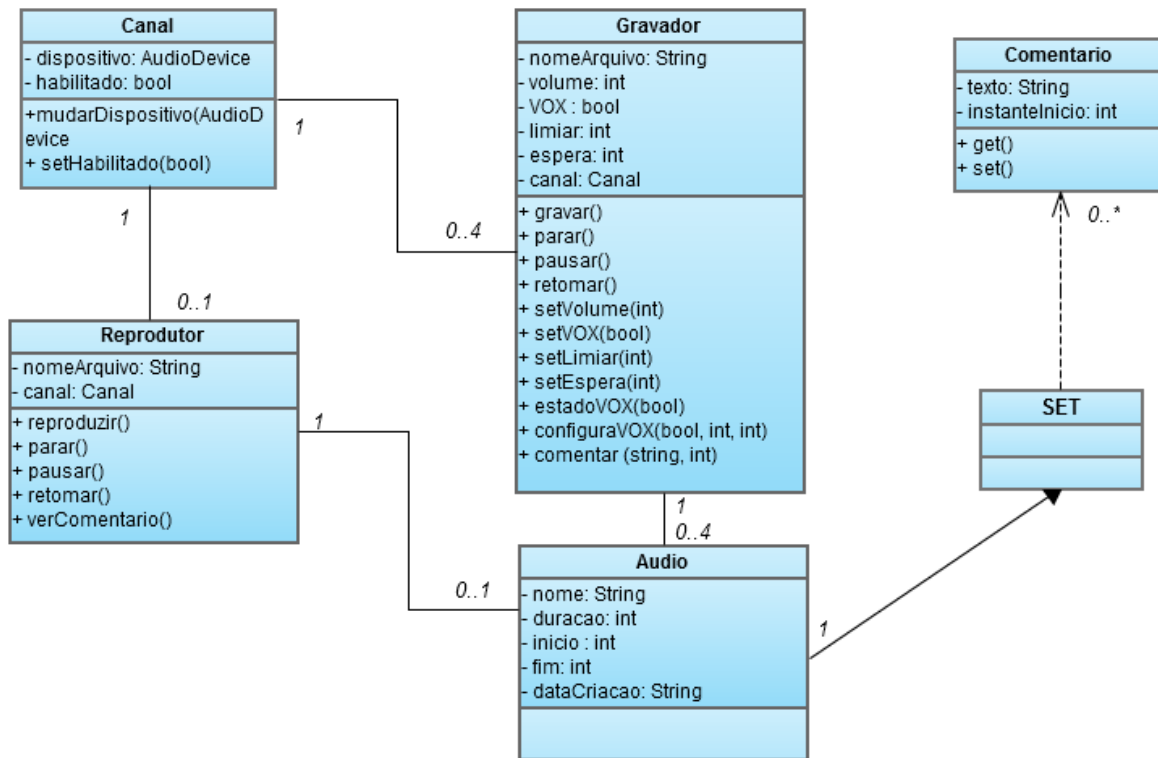


FIG 3.2: Diagrama de Classes

A classe Canal guarda as informações a respeito da configuração do canal usado para realizar a gravação/reprodução do áudio, que são o dispositivo de gravação utilizado e se aquele canal está ou não habilitado (deve estar habilitado por ocasião da gravação/reprodução).

A classe Gravador armazena as informações a respeito da configuração feita para aquela gravação em execução, que são o nome do arquivo de áudio a ser gerado, o canal utilizado para realizar a gravação e o volume em que está sendo gravado o arquivo. Além disso, guarda informações a respeito da configuração da função VOX, que são o tempo de espera e o limiar estabelecidos para habilitar a função VOX. É através da classe Gravador que é feito o acesso à interface do sistema para realizar as funcionalidades de gravação.

A classe Reprodutor armazena as informações sobre o áudio a ser “tocado”, que são o arquivo a ser reproduzido e o canal a ser usado. É através dela que é feito o acesso à interface do sistema para realizar as funcionalidades de reprodução.

Já a classe **Áudio** armazena as informações sobre cada gravação feita, como o nome do arquivo de áudio (com o diretório em que foi gravado), a duração da gravação, data/hora de início/término da gravação, além de comentários que possam ter sido feitos na gravação.

Por último, a classe **Comentário** armazena as informações sobre algum comentário feito, com o texto dele e o instante da gravação em que ele foi feito.

3.4 DIAGRAMA DE SEQUÊNCIA

A modelagem do projeto do software do gravador digital também envolveu a criação de diagramas de sequência. Na figura 3.3, ilustramos um dos diagramas de sequências criados - para o caso de uso Reproduzir.

Diagrama de sequência Reproduzir

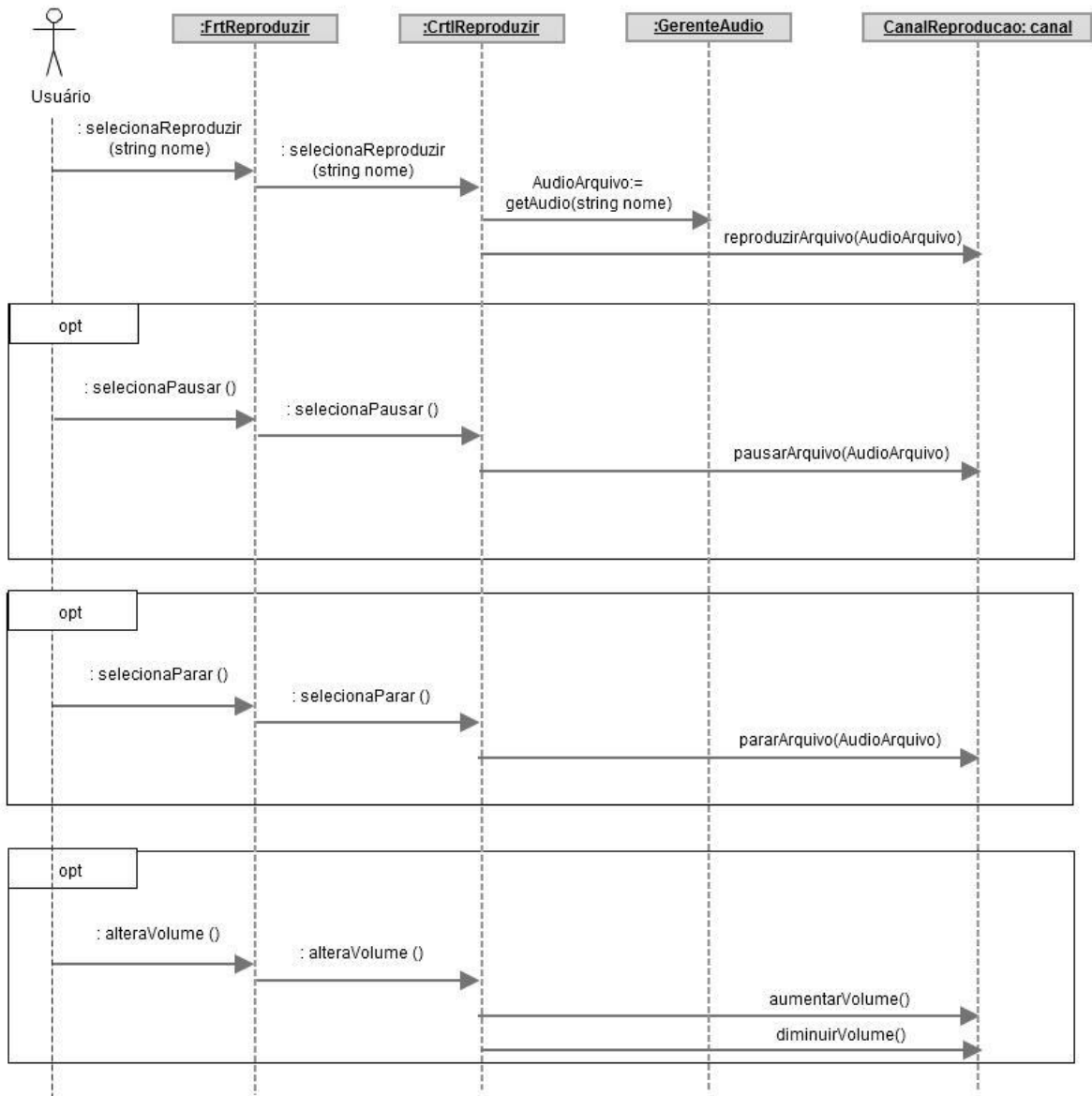


FIG 3.3: Diagrama de Sequência

A sequência começa quando o usuário seleciona, por meio da interface gráfica, para reproduzir um determinado registro de áudio. Então, a classe que gerencia a lista de arquivos de áudio daquele canal procura na lista o arquivo com aquele nome e guarda na variável AudioArquivo. Por último, o controle chama a função reproduzirArquivo do canal escolhido na configuração (representado pela variável CanalReproducao) para reproduzir o áudio gravado em AudioArquivo.

Durante a sequência de reproduzir, o usuário pode escolher pausar ou parar a reprodução. Caso isso ocorra, o controle chama a função de pausar ou parar, respectivamente, de CanalReproducao para AudioArquivo.

O usuário também tem a opção de alterar o volume durante a reprodução. Nesse caso, o controle chama a função aumentarVolume() ou diminuirVolume() de CanalReproducao.

4 SISTEMA DE REGISTRO DE ÁUDIO MULTIPLATAFORMA PARA GE (SIRAMPLA)

Conforme citado na introdução, o SiRAMPla foi desenvolvido na linguagem C++, utilizando o framework *Qt*.

O *Qt* é um framework de desenvolvimento multiplataforma, usado principalmente para a criação de interfaces gráficas, mas que também conta com bibliotecas para diversos outros fins, como acesso a bancos de dados SQL, suporte para *threading*, entre outros. Inicialmente desenvolvido pela empresa norueguesa *Trolltech*, o *Qt* atualmente é propriedade da Nokia, após a compra da *Trolltech*.

Além do *Qt* padrão, a *Nokia* oferece o *Qt Mobility*, um *framework* para desenvolvimento nas plataformas móveis da *Nokia*, o *Meego* e o *Maemo*. Esse *framework* contém diversas ferramentas que tornam o desenvolvimento de aplicativos multimídia mais fácil, incluindo, entre outros, uma classe para gravação de áudio digital.

Com todas essas facilidades oferecidas, optou-se pelo *Qt* para desenvolver a solução de que trata esse projeto, um sistema portátil que não só funcione em diversos sistemas operacionais para PC's como também em dispositivos móveis.

A principal biblioteca do *Qt* usada em nosso trabalho é *QtMultimedia*, que implementa funcionalidades multimídia em mais baixo nível de programação, permitindo, por exemplo, escolher o número de bits a serem usados para representar uma amostra de áudio, o tipo de codificação usada na gravação (usamos no nosso sistema codificação PCM), o intervalo em que é feita a amostragem do áudio capturado, entre outras funcionalidades. Nessa biblioteca temos diversas classes para manipulação de áudio, como a *QAudioInput*, que permite a manipulação de dispositivos de gravação de áudio.

4.1 DESENVOLVIMENTO DE PROTÓTIPO

Em paralelo ao levantamento dos requisitos do programa, foi desenvolvido um protótipo do gravador de áudio, para verificar se as capacidades do Qt de manipulação de áudio eram satisfatórias.

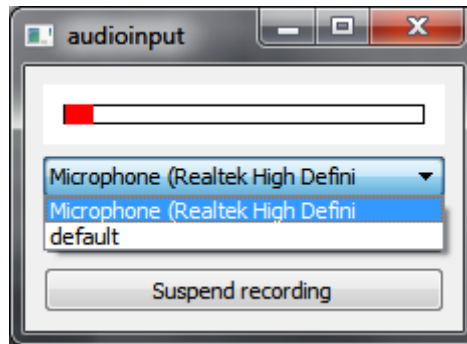


Fig. 4.1 Protótipo do SiRAMPla

O protótipo é baseado em um dos exemplos disponibilizados pelo Qt. Ele permite a gravação em qualquer dispositivo de entrada de áudio, e salva o áudio gravado em um arquivo WAVE. A barra vermelha indica o volume da gravação, funcionalidade que ajudou na implementação do VOX. A figura 4.1 mostra a tela do protótipo desenvolvido.

A implementação do protótipo utilizou diversas classes do Qt, principalmente para a exibição da interface gráfica. Destacamos as seguintes classes:

- **QMainWindow**, classe que representa a janela principal do programa.
- **QWidget**. Uma *widget* é qualquer elemento da interface gráfica, como botões, menus etc. Em nosso protótipo usamos uma *widget* que representa o volume da gravação.
- **QAudioInput**, que provê uma interface com os dispositivos de entrada de áudio do computador.
- **QAudioDeviceInfo**, que traz informações sobre as capacidades de todos os dispositivos de áudio instalados no computador.
- **QAudioFormat**, classe que armazena informações sobre o formato de áudio, como taxa de amostragem, número de canais, entre outros.
- **QIODevice**, classe base para qualquer dispositivo de I/O.

- **QFile**, classe para manipulação de arquivos. É usada para armazenar o áudio gravado pelo programa em um arquivo WAVE.

4.2 IMPLEMENTAÇÃO DAS FUNCIONALIDADES DE GRAVAÇÃO DE ÁUDIO

Após o término do desenvolvimento do protótipo, iniciou-se efetivamente a criação do SiRAMPla. Para isso, foram desenvolvidos inicialmente os requisitos de maior prioridade, citados em 2.1.

Aproveitando-se do que já fora feito no protótipo, implementou-se a gravação de áudio em 4 canais diferentes. As funcionalidades que foram criadas para realizar a gravação do áudio foram:

- Permitir a pausa/retomada da gravação e a parada da mesma.
- Permitir a gravação simultânea nos 4 canais.
- Permitir a escolha do dispositivo de áudio a ser usado para fazer a gravação em cada canal.
- Escolha do volume em que será feita a gravação.

4.3 IMPLEMENTAÇÃO DAS FUNCIONALIDADES DE REPRODUÇÃO DE ÁUDIO

Ao mesmo tempo em que se desenvolveu o caso de uso de gravação de áudio, foi implementado o caso de uso reprodução de áudio.

As funcionalidades criadas nesse caso de uso são iguais às aquelas criadas para a gravação. Além disso, é possível gravar e reproduzir ao mesmo tempo (inclusive o som sendo gravado). Também é possível reproduzir o som previamente gravado em um arquivo de áudio.

Para implementar essas funcionalidades, usou-se basicamente as mesmas classes usadas para implementar as funcionalidades de gravação, usando-se no lugar da classe **QAudioInput** a classe **QAudioOutput**, que provê a interface com os dispositivos de saída de áudio do computador.

4.4 IMPLEMENTAÇÃO DA PAUSA NA GRAVAÇÃO QUANDO NÍVEL DE SINAL ESTIVER BAIXO

Para controlar a tolerância à gravação do som ambiente, foi criada a função VOX. Essa função consiste em pausar a gravação quando o sinal estiver abaixo do limiar escolhido na interface de controle. Nesse caso, aguarda-se o tempo de espera definido pelo usuário na interface de controle. Após o término desse tempo, se o sinal ainda estiver abaixo do limiar estabelecido (ou seja, o valor inteiro da intensidade daquela amostra for menor que o valor gravado naquele instante no sistema como mínimo), todas as próximas amostras de sinal não são copiadas no arquivo de áudio criado, até que o sinal volte a ficar acima do limiar.

Para ativar a função VOX em um canal, foi criado um botão para cada canal na interface de controle.

4.5 IMPLEMENTAÇÃO DAS FUNCIONALIDADES DE CONTROLE E CONFIGURAÇÃO

Com as funcionalidades de gravar e reproduzir já implementadas no sistema, foi implementada a janela para controle e configuração dos 2 canais de gravação e escolha dos dispositivos de áudio para gravação/reprodução.

A janela de configuração, conforme mostrado na figura 4.2, basicamente consiste em, para cada canal, 1 caixa de seleção para habilitar o canal correspondente, 1 lista de seleção para escolher o dispositivo de áudio que será usado para realizar a gravação/reprodução do áudio naquele canal e a opção de escolher se, no caso da gravação, ela será feita no canal esquerdo ou direito. Além disso, há um botão para escolher a pasta onde será colocado o arquivo de áudio gravado.

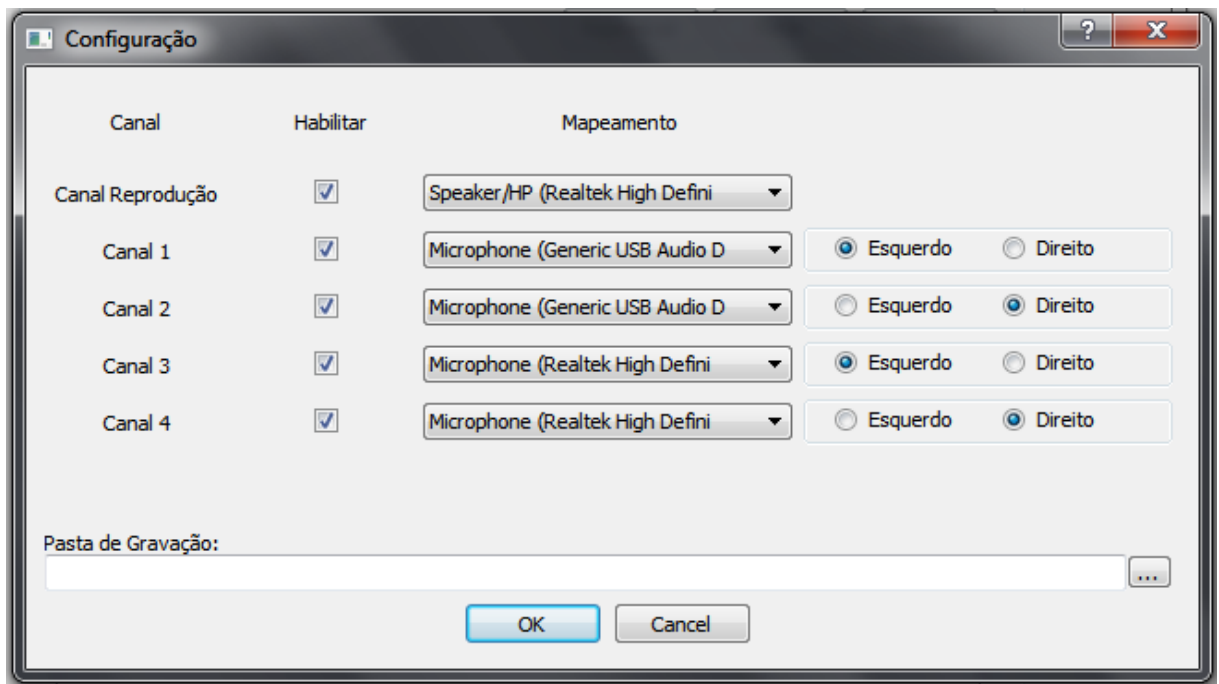


Fig. 4.2 Janela de configuração do SiRAMPLa

Já a janela de controle, conforme vemos na figura 4.3, consiste em:

- Um botão para acessar a janela de configuração.
- Um conjunto de 3 botões para reproduzir, pausar e parar um áudio.
- Um botão para escolher o arquivo de áudio a ser reproduzido.
- 4 botões para escolher em qual canal deseja-se controlar o volume, limiar e tempo de espera. Além disso, o canal escolhido será aquele ao qual se associará os comentários feitos ao áudio em gravação.
- Um conjunto de 3 botões para cada canal para reproduzir, pausar e parar uma gravação naquele canal.
- Um botão VOX para cada canal para habilitar a função VOX.
- Barras para controle de volume, do limiar mínimo de gravação de áudio e do tempo de espera do sistema antes de pausar a gravação pela função VOX.
- Uma caixa de texto para inserir comentários, com os botões de gravar (para inserir o comentário no banco de dados) e cancelar (para excluir o comentário). Pode-se habilitar ou desabilitar os comentários clicando-se na caixa de texto.
- Um botão para visualizar as entradas do banco de dados (áudios gravados e as informações associadas a eles).

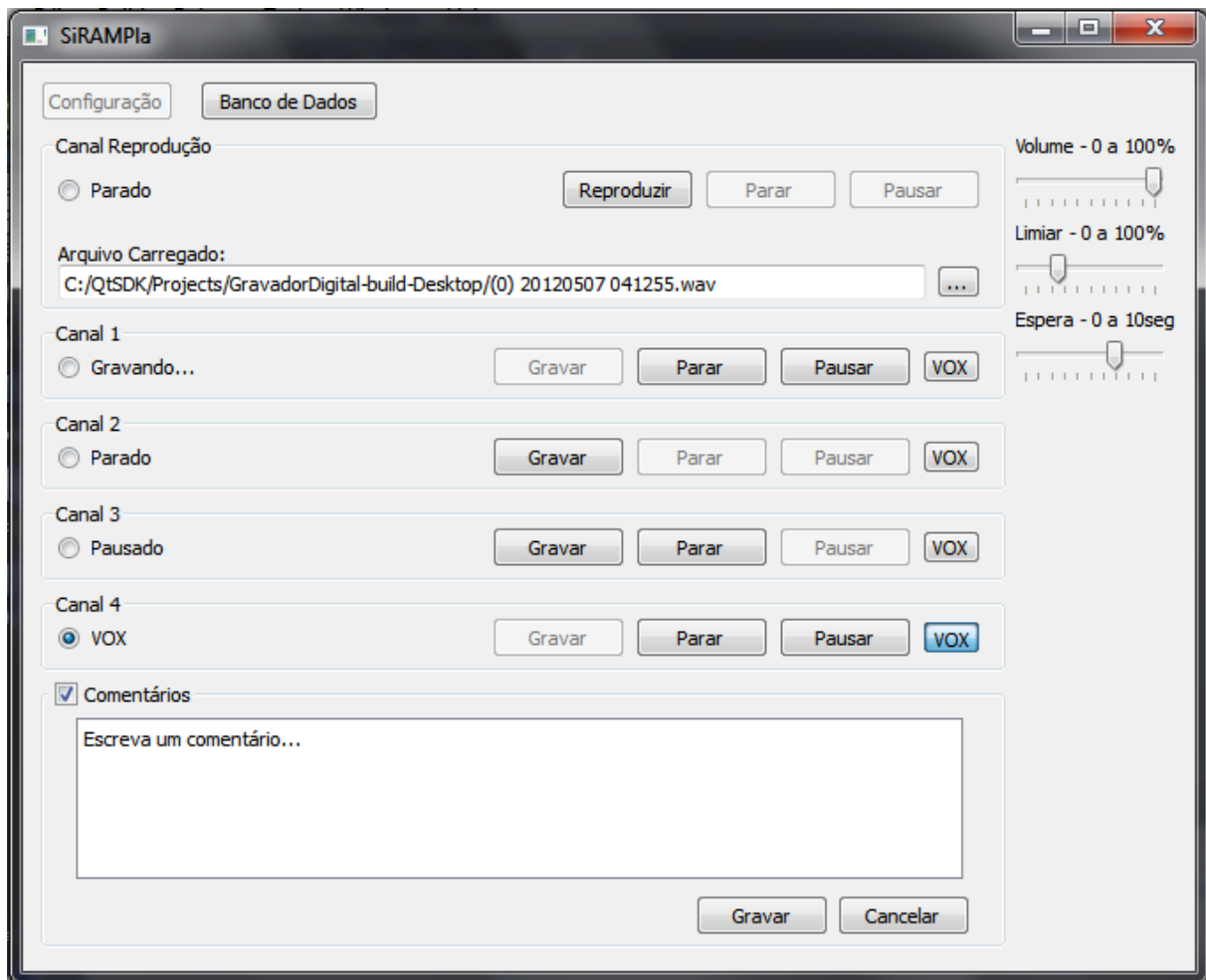


Fig. 4.3 Janela de controle do SiRAMPla

Para desenvolver a interface das janelas, aproveitou-se os diversos recursos de interface gráfica que o QT oferece na biblioteca QTGui. Além da classe QMainWindow já citada anteriormente em 4.1 e que representa a janela principal do programa, as classes utilizadas na interface da janela de configuração dos canais são:

- **QComboBox**, classe que representa as listas de seleção.
- **QCheckBox**, classe que representa os botões a serem marcados (*checked*) ou não.
- **QRadioButton**, classe que representa o conjunto de botões a serem marcados ou não, sendo que apenas um botão pode estar marcado por vez.
- **QPushButton**, classe que representa os botões que, ao serem clicados, será executado um comando associado àquele botão.

- **QToolButton**, semelhante ao **QPushButton**, mas usa-se um ícone no lugar de um texto para representar o botão.
- **QSlider**, classe que representa as barras deslizantes que permite a escolha de valores inteiros limitados a uma dada propriedade.

Todas essas classes herdam da classe **QWidget**, já citada na seção 4.1.

4.6 IMPLEMENTAÇÃO DAS FUNCIONALIDADES DE BANCO DE DADOS

Na etapa final do desenvolvimento, com a gravação em múltiplos canais já testada com sucesso e as funcionalidades de reprodução e configuração também já desenvolvidas, passou-se a trabalhar na integração do sistema já desenvolvido com um banco de dados, associando uma entrada com diversas informações a respeito do áudio gravado a cada arquivo gerado.

A criação do banco de dados foi feita usando-se o *PostgreSQL*, com a linguagem SQL para criação das *queries*.

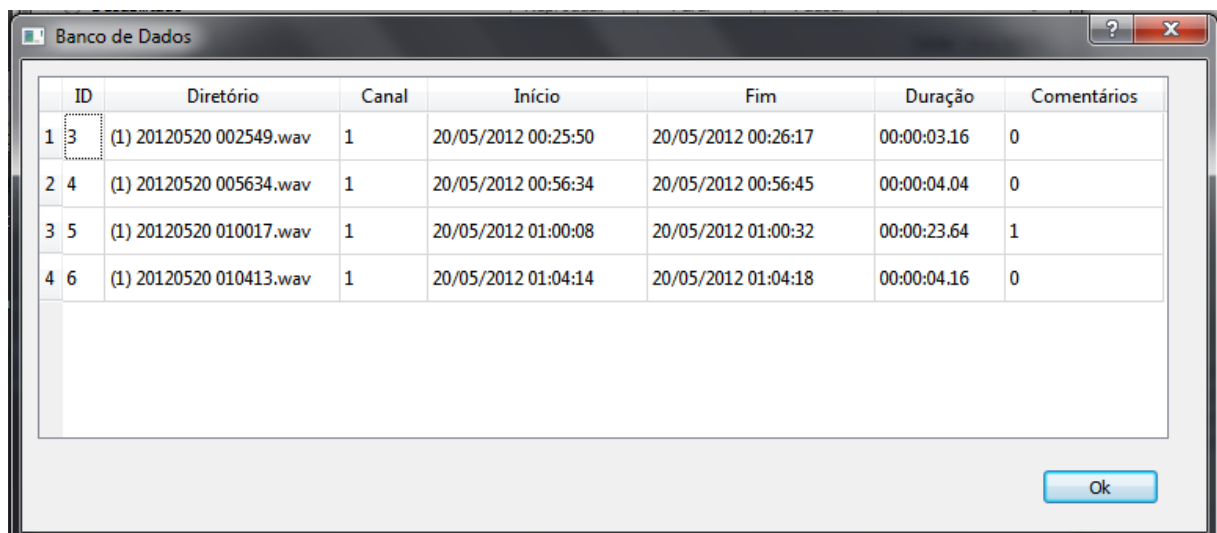
Assim, a cada gravação feita, é salvo um novo registro no banco de dados com aquela gravação. Da mesma forma que para a gravação/reprodução de áudio, o *Qt* oferece diversas classes que facilitam o acesso ao banco de dados e a criação de *queries* para consultas ou atualizações no banco de dados. Dentre tais classes, podemos destacar:

- **QSqlDatabase**, classe que permite fazer a conexão do sistema desenvolvido no *Qt* a um banco de dados externo ao sistema.
- **QSqlQuery**, classe que permite converter uma *string* do *Qt* em uma *query* do banco de dados ao qual se conectou pela **QSqlDatabase**.
- **QSqlError**, classe que permite mostrar as mensagens de erro gerados pelo banco de dados (no acesso ou na execução das *queries*).
- **QSqlTableModel**, que permite representar na interface do sistema uma tabela do banco de dados.

Todas essas classes pertencem à biblioteca **Qt Sql**, biblioteca que contém as diversas classes para interação com bancos de dados em SQL.

Também foi implementada uma forma de se poder visualizar os registros do banco de dados diretamente pela interface do SiRAMPla. Para isso, ao acessar na janela principal o botão de banco de dados, o usuário visualizará uma tabela contendo todos os registros do banco de dados, um referente a cada áudio gravado, assim como mostra a figura 4.4. Em cada registro, constarão as seguintes colunas:

- **ID**, chave daquele registro no banco.
- **Diretório**, pasta onde o arquivo de áudio foi copiado.
- **Canal**, canal de áudio do SiRAMPla que foi utilizado para fazer a gravação.
- **Início**, data/hora em que se iniciou a gravação daquele registro de áudio.
- **Fim**, data/hora em que a gravação daquele áudio terminou.
- **Duração**, tempo que dura o arquivo de áudio.



ID	Diretório	Canal	Início	Fim	Duração	Comentários
1 3	(1) 20120520 002549.wav	1	20/05/2012 00:25:50	20/05/2012 00:26:17	00:00:03.16	0
2 4	(1) 20120520 005634.wav	1	20/05/2012 00:56:34	20/05/2012 00:56:45	00:00:04.04	0
3 5	(1) 20120520 010017.wav	1	20/05/2012 01:00:08	20/05/2012 01:00:32	00:00:23.64	1
4 6	(1) 20120520 010413.wav	1	20/05/2012 01:04:14	20/05/2012 01:04:18	00:00:04.16	0

Fig. 4.4 Janela de visualização do banco de dados do SiRAMPla

Por último, foi implementada a funcionalidade de emitir comentários, para que o usuário escreva quaisquer comentários no trecho do arquivo de áudio sendo gravado, através da caixa de texto destinada a tal na janela principal do programa.

4.7 INTERFACE DO SIRAMPLA

Uma vez implementadas todas as funcionalidades de alta e média prioridade, era necessário testar o funcionamento do sistema no Linux, já que todo o desenvolvimento foi feito no Windows.

A portabilidade entre os sistemas é muito fácil de ser feita, sem exigir nenhum conhecimento do código para tal. Para isso, basta o usuário instalar o *Qt* no Linux (a versão é diferente) e recompilar a solução feita para o *Windows*, (além de recriar o banco de dados do *PostgreSQL*). Com isso, o próprio *framework* do *Qt* se encarregará de alterar as bibliotecas do *Windows* para as próprias do Linux, sem a necessidade de nenhuma alteração do código-fonte.

Após a “instalação” do sistema no Linux, verificou-se que o software apresentou o mesmo comportamento mostrado no Windows, com apenas pequenas mudanças visuais na interface com o usuário, que não afetam em nada o modo de uso e funcionamento do sistema, conforme é mostrado nas figuras 4.5 a 4.8.

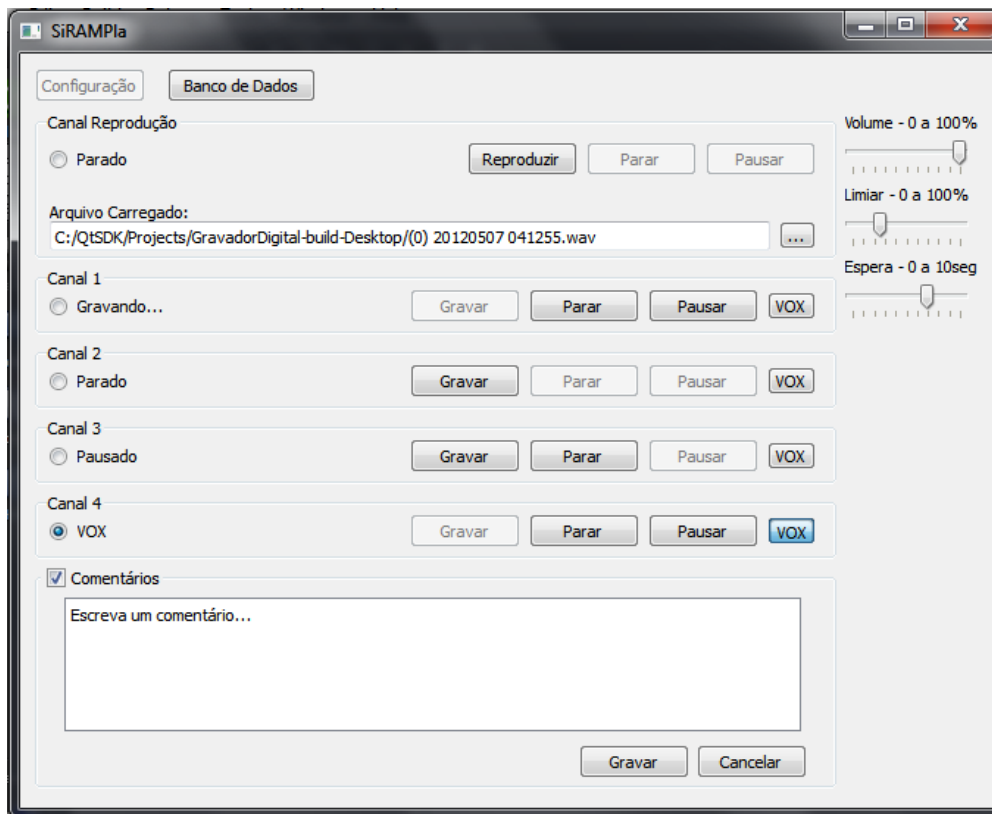


Fig. 4.5 Janela principal do SiRAMPla no *Windows*

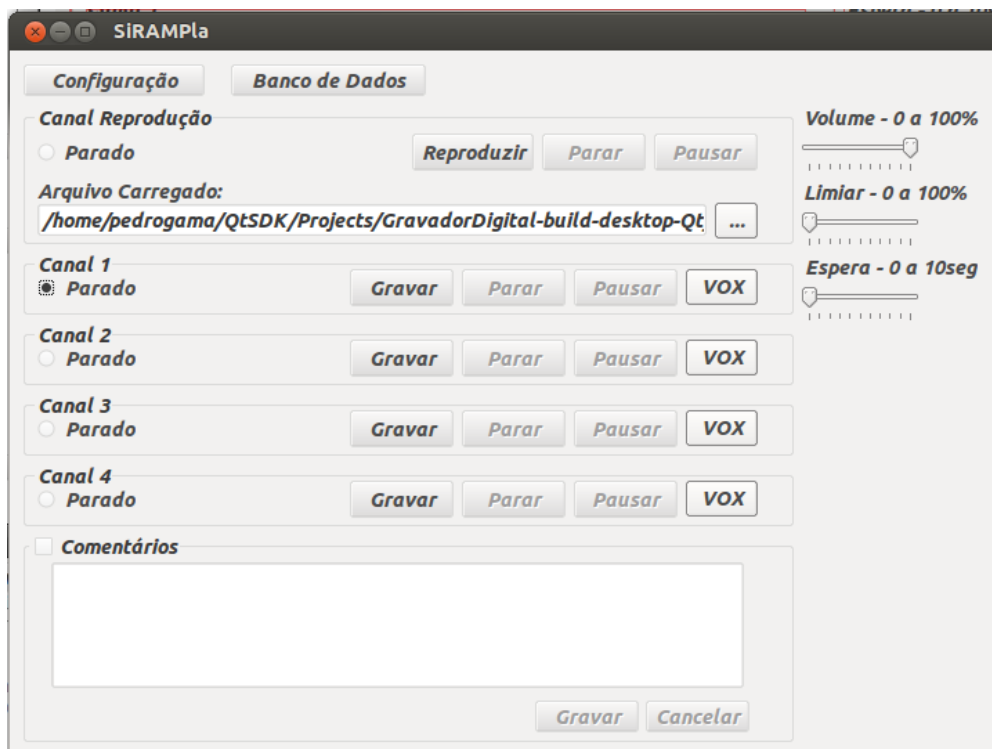


Fig. 4.6 Janela principal do SiRAMPla no *Linux*

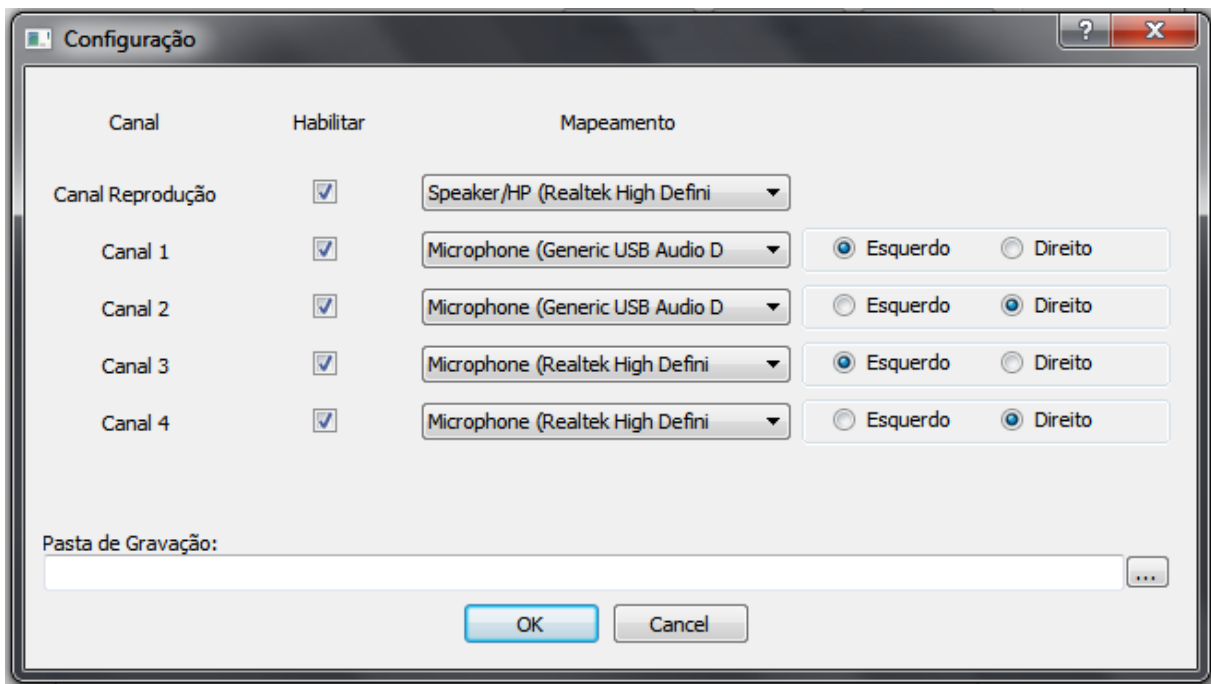


Fig. 4.7 Janela de configuração dos canais do SiRAMPla no *Windows*

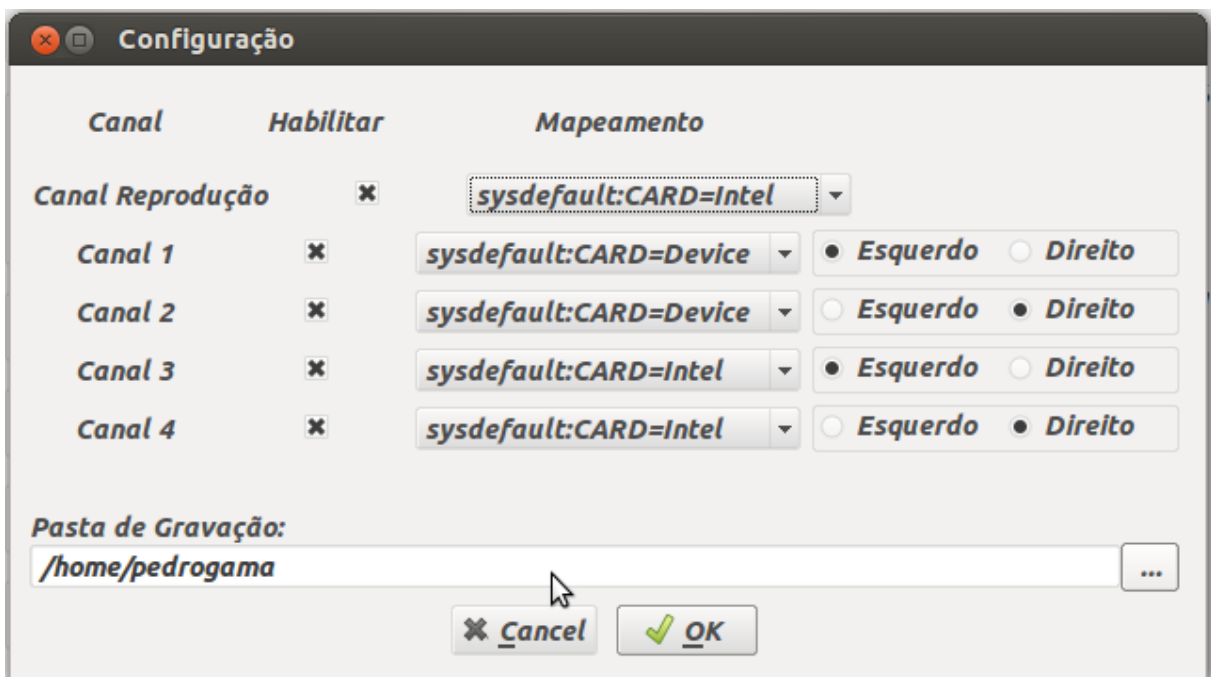


Fig. 4.8 Janela de configuração dos canais do SiRAMPla no *Linux*

Note nas figuras 4.7 e 4.8 que o *Windows* e o *Linux* reconhecem os dispositivos de gravação/reprodução com nomes diferentes (devido à diferença entre os *drivers* usados por cada SO). Porém, tal diferença não afeta em nada o funcionamento do programa e não afeta

em nada para o usuário a maneira que ele usa o sistema, seja no *Windows* ou no *Linux* (ou seja, os casos de uso continuam os mesmos nos dois sistemas operacionais).

5 CONCLUSÃO

As facilidades advindas do uso do meio digital para a gravação e armazenamento de áudio fazem com que seja necessária a existência de uma solução com esse fim. Além disso, a pluralidade das plataformas existentes, bem como o desejo de se evitar ficar preso a uma plataforma qualquer, torna desejável que essa solução seja multiplataforma.

Mesmo com o desenvolvimento ter sido feito no Windows (por questão de maior familiaridade com o sistema) a solução foi testada e funcionou com sucesso no *Windows* e *Linux*, bastando-se recompilar os arquivos da ferramenta para fazer a portabilidade entre os sistemas, sem a necessidade de alterações no código. Assim, alcançou-se a portabilidade estabelecida como principal objetivo do projeto.

Separando-se a implementação dos requisitos por estágios de desenvolvimento, conforme citado no capítulo 4, os requisitos definidos como mais importantes foram todos desenvolvidos. Porém, ainda existem diversas melhorias que podem ser feitas no *software* desenvolvido. Assim, como sugestões de trabalhos futuros pode-se citar a implementação dos requisitos de menor prioridade, citados no item 2.3.

Além disso, em trabalhos futuros pode-se verificar a real portabilidade do sistema feito no *Qt* para outros sistemas operacionais (MAC OS) e também a possibilidade de usá-lo em plataformas móveis (celulares e *tablets*).

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ELETRONIC WARFARE. Joint Publication 3-13.1 [online]. 25 Jan. 2007. Disponível em: <<http://www.fas.org/irp/doddir/dod/jp3-13-1.pdf>> [capturado em 04 out. 2011]

ELETRONIC WARFARE. Air Force Doctrine Document 2-5.1 [online]. 5 Nov 2002. Disponível em: <http://www.dtic.mil/doctrine/jel/service_pubs/afd2_5_1.pdf> [capturado em 04 out. 2011]

SECRETARIA DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA. Catálogo Institucional [online], p 4-7. Disponível em: <<http://www.de9.ime.eb.br/~intec/Catalogo/Catalogo%20de%20C&T.pdf>> [capturado em 04 out. 2011]

SOMMERVILLE, I. *Engenharia de Software*, 8 ed. Pearson Education, 2007.

NOKIA. Qt Reference Documentation [online]. 2011. Disponível em: <<http://doc.qt.nokia.com/4.7/index.html>> [capturado em 04 out. 2011]

NOKIA. Qt Mobility Project Reference Documentation [online]. 2011. Disponível em: <<http://doc.qt.nokia.com/qtmobility-1.2/index.html>> [capturado em 04 out. 2011]

APÊNDICE A – Casos de Uso do Sistema

Caso de Uso – Configurar gravador

Ator primário: Usuário

Atores secundários: não há

Pré-condições: nenhuma

Fluxo Básico de Eventos:

1. ESTE CASO DE USO COMEÇA QUANDO o usuário deseja configurar o gravador.
2. O usuário seleciona a opção “Configurar o Gravador”.
3. O sistema exibe a Tela de Configuração.
4. O usuário seleciona o dispositivo de reprodução.
5. O usuário seleciona os dispositivos de gravação, e seus respectivos canais.
6. O usuário seleciona o diretório onde serão guardados os arquivos.
7. O usuário habilita os dispositivos que deseja usar.
8. O usuário confirma as configurações.
9. O sistema atualiza as configurações.
10. O sistema mostra a Tela Inicial E O CASO DE USO TERMINA.

Fluxo Alternativo de Eventos:

USUÁRIO DESISTE DA CONFIGURAÇÃO

No passo [3. O sistema exibe a Tela de Configuração.], se o usuário desistir da configuração:

1. O usuário seleciona “Cancelar”.
2. O sistema exibe a Tela Inicial E O CASO DE USO TERMINA.

Pós-condições:

O sistema mostra a tela inicial.

Caso de Uso – Configurar parâmetros de gravação/reprodução

Ator primário: Usuário

Atores secundários: não há

Pré-condições: nenhuma

Fluxo Básico de Eventos:

1. ESTE CASO DE USO COMEÇA QUANDO o usuário deseja configurar parâmetros de gravação/reprodução.
2. O usuário seleciona o volume do gravador.
3. O usuário seleciona a relação sinal-ruído mínima para gravação (função VOX).
4. O usuário seleciona o tempo de espera para ativar a função VOX.
5. O sistema mostra a Tela Inicial E O CASO DE USO TERMINA.

Caso de Uso Gravar

Ator primário: Usuário

Atores secundários: não há

Pré-condições: nenhuma

Fluxo Básico de Eventos:

1. ESTE CASO DE USO COMEÇA QUANDO o usuário deseja realizar uma gravação.
2. Incluir caso de uso Configurar parâmetros de gravação/reprodução.
3. O usuário seleciona o canal para realizar a gravação.
4. O usuário seleciona a opção “Gravar”.
5. O sistema cria um registro do áudio no banco de dados.
6. O sistema capta o som através do dispositivo de gravação correspondente ao canal selecionado, o grava num arquivo de áudio E O CASO DE USO TERMINA.

Fluxo Alternativo de Eventos:

FUNÇÃO VOX É ATIVADA

No passo [5. O sistema capta o som através do dispositivo de gravação correspondente ao canal selecionado e o grava num arquivo de áudio.], se a opção “VOX” estiver selecionada e a relação sinal-ruído estiver abaixo do limiar estabelecido:

1. O sistema espera o tempo de espera pré-determinado.
2. O sistema deixa de gravar o áudio no arquivo até a relação sinal-ruído passar do limiar E O CASO DE USO CONTINUA NO PASSO 5 DO FLUXO BÁSICO DE EVENTOS.

USUÁRIO DESEJA REPRODUZIR UM ARQUIVO DE ÁUDIO

No passo [3. O sistema capta o som através do dispositivo de gravação correspondente ao canal selecionado.], se o usuário selecionar a opção “Reproduzir”:

1. Incluir caso de uso Reprodução.

Pós-condições:

O sistema gravou informações em um arquivo de áudio e criou um registro do áudio no banco de dados.

Regras de negócio:

R1: O sistema deve permitir a gravação simultânea em até 4 canais de áudio diferentes.

Caso de Uso Pausar Gravação

Ator primário: Usuário

Atores secundários: não há

Pré-condições: o sistema está gravando um áudio

Fluxo Básico de Eventos:

1. ESTE CASO DE USO COMEÇA QUANDO o usuário deseja pausar uma gravação.
2. O usuário seleciona a opção “Pausar gravação”.
3. O sistema deixa de capturar o som através do dispositivo de gravação.
4. O usuário seleciona a opção “Gravar”.
5. O sistema volta a captar o som através do dispositivo de gravação E O CASO DE USO TERMINA.

Caso de Uso Parar Gravação

Ator primário: Usuário

Atores secundários: não há

Pré-condições: o sistema está gravando um áudio

Fluxo Básico de Eventos:

1. ESTE CASO DE USO COMEÇA QUANDO o usuário deseja parar uma gravação.
2. O usuário seleciona a opção “Parar gravação”.
3. O sistema deixa de capturar o som através do dispositivo de gravação.
4. O sistema salva no banco de dados as informações sobre o arquivo de áudio gravado.
5. O sistema salva o arquivo de áudio na pasta selecionada na configuração para salvar os arquivos daquele canal E O CASO DE USO TERMINA.

Pós-condições:

O sistema parou a gravação de dados em um arquivo de áudio e atualizou as informações do áudio no banco de dados.

Informações complementares:

As informações sobre o arquivo de áudio gravado são: tempo de gravação, hora de início/término, canal onde foi feita a gravação, comentários associados a ela, o diretório de gravação.

Caso de Uso – Reproduzir

Ator primário: Usuário

Atores secundários: não há

Pré-condições: nenhuma

Fluxo Básico de Eventos:

1. ESTE CASO DE USO COMEÇA QUANDO o usuário deseja reproduzir um arquivo de áudio.
2. Incluir caso de uso Configurar parâmetros de gravação/reprodução.
3. O usuário seleciona um arquivo de áudio.
4. O usuário seleciona a opção “Reproduzir”.
5. O sistema abre o arquivo selecionado.
6. O sistema reproduz o áudio através do canal selecionado na configuração.
7. O sistema reproduz o arquivo de áudio até o seu final E O CASO DE USO TERMINA.

Fluxos Alternativos de Eventos:

USUÁRIO PÁRA A REPRODUÇÃO

No passo [6. O sistema reproduz o áudio através do canal selecionado na configuração.], se o usuário selecionar a opção “Parar reprodução”:

1. O sistema pára de reproduzir o arquivo de áudio E O CASO DE USO TERMINA.

USUÁRIO PAUSA A REPRODUÇÃO

No passo [6. O sistema reproduz o áudio através do canal selecionado na configuração.], se o usuário selecionar a opção “Pausar reprodução”:

1. O sistema para de reproduzir o arquivo de áudio.
2. O usuário seleciona a opção “Reproduzir”.
3. O sistema continua a reprodução do arquivo do ponto em que parou E O CASO DE USO CONTINUA NO PASSO 6 DO FLUXO BÁSICO DE EVENTOS.

Caso de Uso – Ouvir áudio gravado

Ator primário: Usuário

Atores secundários: não há

Pré-condições: o sistema está gravando um áudio

Fluxo Básico de Eventos:

1. ESTE CASO DE USO COMEÇA QUANDO o usuário deseja reproduzir o áudio sendo gravado.
2. Incluir caso de uso Configurar parâmetros de gravação/reprodução.
3. O usuário seleciona a opção “Reproduzir” no canal que está gravando.
4. O sistema reproduz o áudio através do canal selecionado na configuração.
5. O sistema reproduz o arquivo de áudio até o seu final E O CASO DE USO TERMINA.

Pós-condições:

O sistema reproduziu um arquivo de áudio.

Caso de Uso – Acessar banco de dados

Ator primário: Usuário

Atores secundários: não há

Pré-condições: nenhuma

Fluxo Básico de Eventos:

1. ESTE CASO DE USO COMEÇA QUANDO o usuário deseja obter os registros referentes aos áudios gravados no sistema.
2. O usuário seleciona a opção de “Banco de Dados”.
3. O sistema mostra uma lista de áudios gravados e as informações de cada arquivo de áudio.
4. O usuário clica na opção “OK”.
5. O sistema exibe a tela principal do sistema E O CASO DE USO TERMINA.

Fluxo Alternativo de Eventos:

USUÁRIO REPRODUZ O ÁUDIO A PARTIR DO BANCO DE DADOS

No passo [4. O usuário seleciona um áudio da lista.] se o usuário der um duplo-clique no áudio selecionado:

1. O sistema abre o arquivo de áudio correspondente àquela entrada e volta a tela principal do sistema.
2. Incluir caso de uso Reprodução.

Pós-condições:

O sistema exibiu os registros do banco de dados.

Informações complementares:

As informações sobre o arquivo de áudio gravado são: tempo de gravação, hora de início/término, canal onde foi feita a gravação, comentários associados a ela, o diretório de gravação.

Caso de Uso – Escrever comentário

Ator primário: Usuário

Atores secundários: não há

Pré-condições: o sistema está gravando um áudio

Fluxo Básico de Eventos:

1. ESTE CASO DE USO COMEÇA QUANDO o usuário deseja associar um comentário a um trecho do áudio sendo gravado.
2. O usuário seleciona um canal de gravação.
3. O usuário escreve o comentário.
4. O usuário clica na opção gravar.

5. O sistema cria uma entrada na tabela comentário do banco de dados com as informações do comentário escrito, associando-o à entrada de áudio E O CASO DE USO TERMINA.

Fluxo Alternativo de Eventos:

USUÁRIO CANCELA O COMENTÁRIO

No passo [3. O usuário escreve o comentário.] se o usuário selecionar a opção “Cancelar”:

1. O comentário escrito é excluído (sem ser salvo no banco de dados) E O CASO DE USO TERMINA.

Pós-condições:

O sistema gravou um comentário no banco de dados.

Informações complementares:

As informações associadas ao comentário são: texto e instante da gravação em que foi feito o comentário.