

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
INSTITUTO DE INFORMÁTICA

THAMER HORBYLON NASCIMENTO

**Método de Entrada de Texto Baseada
em Gestos para Dispositivos com Telas
Sensíveis ao Toque**

Goiânia
2015

THAMER HORBYLON NASCIMENTO

Método de Entrada de Texto Baseada em Gestos para Dispositivos com Telas Sensíveis ao Toque

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Instituto de Informática da Universidade Federal de Goiás, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Computação.

Área de concentração: Ciência da Computação.

Orientador: Prof. Fabrizio Alphonso Alves de Melo Nunes Soares

Goiânia
2015

THAMER HORBYLON NASCIMENTO

Método de Entrada de Texto Baseada em Gestos para Dispositivos com Telas Sensíveis ao Toque

Dissertação defendida no Programa de Pós-Graduação do Instituto de Informática da Universidade Federal de Goiás como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Computação, aprovada em 13 de Outubro de 2015, pela Banca Examinadora constituída pelos professores:

Prof. Fabrizzio Alphonsus Alves de Melo Nunes Soares
Instituto de Informática – UFG
Presidente da Banca

Prof. Anderson da Silva Soares
Instituto de Informática – UFG

Prof. Arquimedes Lopes da Silva
Campus Goiânia – IFG

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da universidade, do autor e do orientador(a).

Thamer Horbylon Nascimento

Possui graduação em Tecnologia em Sistemas de Informação e Bacharelado em Ciências da Computação, especialista em Redes de Computadores. Atualmente é professor do Instituto Federal Goiano - Campus Iporá. Atua na área de visão computacional e computação gráfica.

Dedico este trabalho à minha mãe Mara Sônia e ao meu pai Ataides que sempre me apoiaram e não mediram esforços para me apoiar em meus estudos e durante toda minha vida.

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus por ter me dado a oportunidade de cursar o mestrado, ter me dado saúde e sabedoria para chegar até aqui. Aos meus pais que sempre me apoiaram e me incentivaram e não mediram esforços para que eu pudesse estudar. A minha esposa pelo seu apoio e companheirismo. Ao meu orientador que compartilhou seu conhecimento comigo e me apoiou desde a graduação até o mestrado.

Resumo

NASCIMENTO, Thamer Horbylon. **Método de Entrada de Texto Baseada em Gestos para Dispositivos com Telas Sensíveis ao Toque**. Goiânia, 2015. 62p. Dissertação de Mestrado. Instituto de Informática, Universidade Federal de Goiás.

Este trabalho propõe um método para entrada de texto baseado em gestos para ser usado em dispositivos com telas sensíveis ao toque. Os passos necessários para isso são: reconhecer gestos, identificar gestos necessários para inserir letras e reconhecer letras com até duas interações. Para fazer o reconhecimento dos gestos, foi utilizado o algoritmo de reconhecimento incremental, o qual trabalha de forma que não seja necessário terminar um gesto para que este seja reconhecido, ou seja, trabalha com reconhecimento contínuo de gestos. Além disso, um template é utilizado como referência para o reconhecimento dos gestos, assim, o algoritmo identifica a probabilidade de o gesto em execução ser um do template. Como o algoritmo de reconhecimento incremental não possuía curvas em seus templates, utilizando a equação reduzida da circunferência, foi criado um template com curvas e foram também adicionadas retas nele. O template criado serviu para a criação de uma base de dados para a inserção das letras do alfabeto de A a Z, utilizando gestos de usuários. Essa base foi utilizada para treinamento de um classificador *Naïve Bayes*, que identifica a probabilidade de inserção de uma letra baseado nos gestos inseridos pelo usuário. Foram realizados três experimentos para testar o método desenvolvido. Verificou-se que a maioria dos usuários inseriu uma letra utilizando até duas interações, quando inseriram as cinco vogais e as cinco consoantes mais frequentes. Ao inserir as cinco vogais e cinco consoantes menos frequentes, os usuários também conseguiram inserir as letras com até duas interações. Assim, há evidências de que o método resolva o problema para qual foi proposto como solução.

Palavras-chave

Entrada de texto, Telas sensíveis ao toque, *Naïve Bayes*, Interação Homem Computador.

Abstract

NASCIMENTO, Thamer Horbylon. **Text Input Method Based Gestures for Devices with Touch Screens**. Goiânia, 2015. 62p. MSc. Dissertation. Instituto de Informática, Universidade Federal de Goiás.

This paper proposes a method for gesture-based text input to be used in devices with touch screens. The steps required for this are: recognizing gestures, identify actions needed to enter letters and recognize letters with up to two interactions. To the recognition of gestures, we used the incremental recognition algorithm, which works so that it is not necessary to finish a gesture for this to be recognized, that is, works with continuous gesture recognition. Furthermore, a template is used as a reference for the recognition of gestures. The algorithm identifies the likelihood of the gesture being a running the template. As the incremental recognition algorithm did not have curves in templates using the reduced equation of the circle, was created a template with curves and straight lines were also added in it. The template created served to create a database for entering the letters of the alphabet from A to Z, using user gestures. This base was used for training of a Naïve Bayes classifier, which identifies the probability of inserting a letter entered by the user based on the gestures. Three experiments were conducted to test the method developed. It was found that most users entered a letter using up to two interactions when inserted the five vowels and the five most frequent consonants. When inserting the five vowels and five consonants less frequent, users were also able to enter the letters with up to two interactions. Thus, there is evidence that the method to solve the problem which has been proposed as a solution.

Keywords

Text entry, touch screens, Naïve Bayes, Human Computer Interaction.

Sumário

| | |
|---|----|
| Lista de Figuras | 10 |
| 1 Introdução | 13 |
| 2 Entrada de Texto | 16 |
| 2.1 Escrita | 16 |
| 2.2 Dispositivos para Entrada de Texto | 16 |
| 2.2.1 Teclados | 17 |
| 2.2.2 Reconhecimento de voz | 18 |
| 2.2.3 Rastreamento ocular | 19 |
| 2.2.4 Ferramentas e Técnicas de Suporte | 19 |
| 2.3 Entrada de texto em dispositivos móveis | 20 |
| 2.3.1 Evolução dos dispositivos móveis | 21 |
| 2.3.2 Reconhecimento de escrita baseado em gestos | 21 |
| 2.3.3 Reconhecimento de escrita natural | 22 |
| 2.3.4 Smartwatches | 23 |
| 2.4 Trabalhos Relacionados | 25 |
| 3 Método Proposto para Entrada de Texto | 29 |
| 3.1 Reconhecimento Incremental de Gestos | 29 |
| 3.1.1 Modelos e segmentos | 29 |
| 3.1.2 Reconhecimento de Gestos | 30 |
| 3.1.3 Probabilidade | 30 |
| 3.1.4 Função de Distância | 31 |
| 3.1.5 Demonstrador | 31 |
| 3.2 Naïve Bayes | 31 |
| 3.2.1 Probabilidade | 32 |
| 3.2.2 Probabilidade Condicional | 33 |
| 3.2.3 Cálculo das Probabilidades | 33 |
| 3.3 Método Desenvolvido | 34 |
| 3.3.1 Construção da Base | 34 |
| 3.3.2 Reconhecimento das Letras | 37 |
| Probabilidade da letra | 39 |
| 3.4 Protótipo de Reconhecimento de Letras | 39 |
| 4 Resultados | 41 |
| 4.1 Experimento 1 | 42 |
| 4.2 Experimento 2 | 44 |
| 4.3 Experimento 3 | 45 |

| | | |
|-----|--------------------------------|-----------|
| 4.4 | Análise dos Testes | 48 |
| 4.5 | Teste de Usabilidade | 49 |
| 5 | Conclusões e Trabalhos Futuros | 55 |
| | Referências Bibliográficas | 57 |

Lista de Figuras

| | | |
|------|---|----|
| 2.1 | Disposição das teclas do layout QWERTY [25]. | 17 |
| 2.2 | Máquina de escrever <i>Index Typewriter</i> [48]. | 18 |
| 2.3 | Disposição das teclas do layout DVORAK [48]. | 19 |
| 2.4 | Usuário inserindo texto utilizando rastreamento ocular [32]. | 19 |
| 2.5 | Previsão de texto após inserção de caracteres iniciais [45]. | 20 |
| 2.6 | Teclado de celular com doze botões [48]. | 21 |
| 2.7 | Teclado virtual de um smartphone [10]. | 22 |
| 2.8 | Inserção de texto deslizando pelas teclas de um teclado virtual [60]. | 22 |
| 2.9 | Conjunto de gestos que representam caracteres [17]. | 23 |
| 2.10 | <i>Tironian Alphabet</i> [50]. | 24 |
| 2.11 | <i>Graffiti Alphabet</i> [50]. | 24 |
| 2.12 | <i>Graffiti Alphabet 2</i> [27]. | 24 |
| 2.13 | Fleksy no Samsung Gear S [14]. | 25 |
| 2.14 | Exemplo de utilização do aplicativo Zoomboard (a) Tamanho padrão do telcado em um smartwatch, (b) Demonstram a ampliação da imagem com um toque na tela, (c)seleção da letra após ampliações e (d) teclado em tamanho padrão após a inserção da letra [40]. | 25 |
| 2.15 | Entrada de texto com o aplicativo Google Handwriter Input [19]. | 26 |
| 2.16 | Entrada de texto utilizando o Analog Keyboard [35]. | 27 |
| 2.17 | Entrada de texto utilizando o Minuum Keyboard [36]. | 27 |
| 3.1 | Demonstrador do algoritmo de reconhecimento incremental em execução [29]. | 30 |
| 3.2 | Exemplo de dois segmentos (direita) coincidindo com um curso do usuário (esquerda), o ponto vermelho indica a posição inicial e o tracejado azul as partes que coincidem.[29]. | 31 |
| 3.3 | Demonstrador do algoritmo de reconhecimento incremental em execução [29]. | 32 |
| 3.4 | Template de gestos criado para serem reconhecidos pelo algoritmo de reconhecimento incremental. | 35 |
| 3.5 | Passos para a construção da base de gestos para inserção das letras. | 36 |
| 3.6 | Aplicativo criado para a construção da base de gestos para inserção das letras | 37 |
| 3.7 | Passos para reconhecimento das letras utilizando os gestos realizados. | 38 |
| 3.8 | Gráfico da ocorrência proporcional das letras na língua portuguesa. | 39 |
| 3.9 | Aplicativo utilizado para fazer os experimentos. | 40 |
| 4.1 | Gráfico com o percentual de interações realizadas para inserir as vogais do experimento 1. | 42 |

| | | |
|------|---|----|
| 4.2 | Gráfico com o percentual de interações realizadas para inserir as consoantes do experimento 1. | 43 |
| 4.3 | Gráfico com o percentual de interações realizadas para inserir todas as letras do experimento 1. | 43 |
| 4.4 | Gráfico com o percentual de interações realizadas para inserir as vogais do experimento 2. | 44 |
| 4.5 | Gráfico com o percentual de interações realizadas para inserir as consoantes do experimento 2. | 45 |
| 4.6 | Gráfico com o percentual de interações realizadas para inserir todas as letras do experimento 2. | 46 |
| 4.7 | Gráfico com o percentual de interações realizadas para inserir as vogais do experimento 3. | 46 |
| 4.8 | Gráfico com o percentual de interações realizadas para inserir as consoantes do experimento 3. | 47 |
| 4.9 | Gráfico com o percentual de interações realizadas para inserir todas as letras do experimento 3. | 47 |
| 4.10 | Gráfico com o percentual de interações utilizadas para inserir todas as letras nos experimentos 1 e 2. | 48 |
| 4.11 | Gráfico com o percentual de interações utilizadas para inserir todas as letras nos experimentos 1, 2 e 3. | 49 |
| 4.12 | Gráfico com percentual de respostas dos usuários para a questão número 1. | 50 |
| 4.13 | Gráfico com percentual de respostas dos usuários para a questão número 2. | 50 |
| 4.14 | Gráfico com percentual de respostas dos usuários para a questão número 3. | 51 |
| 4.15 | Gráfico com percentual de respostas dos usuários para a questão número 4. | 51 |
| 4.16 | Gráfico com percentual de respostas dos usuários para a questão número 5. | 52 |
| 4.17 | Gráfico com percentual de respostas dos usuários para a questão número 6. | 52 |
| 4.18 | Gráfico com percentual de respostas dos usuários para a questão número 7. | 53 |
| 4.19 | Gráfico com percentual de respostas dos usuários para a questão número 8. | 53 |
| 4.20 | Gráfico com percentual de respostas dos usuários para a questão número 9. | 53 |

‘

Introdução

A escrita é a forma mais precisa e flexível para se armazenar informações. Com ela, é possível haver comunicação, independente da distância ou da tecnologia empregada. [48].

As técnicas de escrita surgiram há milhares de anos, desde a escrita em pedra, argila, papiro, pergaminho até o papel e, recentemente, em dispositivos eletrônicos. A forma de escrever muda de acordo com a tecnologia utilizada, por exemplo, no papel utiliza-se caneta. A escrita à mão prevaleceu por muitos anos, mesmo após a criação da máquina de escrever em 1714, que só começou a ser utilizada 160 anos depois [48].

No final do século XIX, a industrialização alterou o cenário da escrita completamente com a necessidade de se produzir e difundir muito texto. Já na década de 80 do século seguinte, com o surgimento da era da informação e com a popularização da Internet, a quantidade de texto aumentou consideravelmente, pois, com esta rede, cresceu o compartilhamento de informações, bem como a comunicação entre as pessoas [48].

Com a popularização da Internet e com os computadores pessoais cada vez mais populares, surgiu a necessidade de criar métodos de entrada de texto para estes equipamentos. Foram criados, então, vários tipos de teclados, a maioria e os mais populares baseados nas máquinas de escrever [48, 60].

Recentemente, a computação móvel ganhou espaço no mercado, pois, a necessidade de comunicação aumentou de forma considerável e, conforme se vê, segue crescendo continuamente. Diante disto, foram criados teclados para estes dispositivos e, em seguida, foram criados também aplicativos que permitem a entrada de texto por meio de toque na tela

Existem aplicativos que são semelhantes a teclados, disponíveis comercialmente ou que já foram disponíveis, com o intuito de deixar o usuário sentir-se familiarizado. Outros aplicativos também são semelhantes aos teclados físicos, porém permitem que o usuário deslize com o dedo ou caneta sobre as teclas virtuais, reconhecendo qual a palavra está sendo inserida. Além desses aplicativos, há os que permitem ao usuário escrever tanto com o dedo quanto com uma caneta as letras que ele pretende inserir, permitindo, assim,

que ele utilize algo muito familiar e do seu cotidiano para a entrada de texto: a escrita à mão [60].

A grande variedade de dispositivos existentes em suas diferentes formas e tamanhos, como *smartphones*, tablets e *smartwatches* traz um problema, um método pode ser facilitar a entrada de texto em um dispositivo e não ser para outro. Um motivo para que este problema ocorra é a diversidade de tamanho das telas [60, 10, 40].

Tendo em vista esse problema, o objetivo geral deste trabalho é desenvolver um método para entrada de texto baseado em gestos para dispositivos com telas sensíveis ao toque, com o intuito inserir uma letra sem que o usuário tenha desenhá-la por completo. Para atingir o objetivo geral, será necessário, especificamente: reconhecer gestos, identificar gestos necessários para inserir letras e reconhecer letras com até duas interações.

Para fazer o reconhecimento dos gestos, foi utilizado o algoritmo de reconhecimento incremental, o qual trabalha de forma a não necessitar do término de um gesto para que este seja reconhecido, ou seja, trabalha com o reconhecimento contínuo de gestos. Para isso, um template é utilizado como referência para o reconhecimento dos gestos, enquanto o algoritmo identifica a probabilidade do gesto em execução ser um do template.

Como o algoritmo de reconhecimento incremental não possuía curvas em seus templates, utilizando a equação reduzida da circunferência, foi criado um template com curvas e, a ele, foram adicionadas retas. O template criado serviu de base para a criação de uma com os dados de 30 usuários para a inserção por meio de gestos das letras do alfabeto de A a Z. A base foi utilizada para o treinamento de um classificador Naïve Bayes, que trabalha identificando a probabilidade de inserção de uma letra baseado nos gestos inseridos pelo usuário.

Foram realizados três experimentos para testar o método desenvolvido. Verificou-se que, em média, 93,14% dos usuários inseriram uma letra utilizando até duas interações quando inseridas as cinco vogais e as cinco consoantes mais frequentes, pois, como no primeiro experimento obteve-se o percentual de 94,17% e no segundo 92,10%, ao inserir as cinco vogais e as cinco consoantes menos frequentes, a média de inserção com até duas interações foi de 100%. Já a média de inserção com até duas interações entre os experimentos que utilizaram as cinco vogais e as cinco consoantes mais frequentes e menos frequentes foi de 95,46%.

A existência de vários aplicativos e dispositivos responsáveis pela inserção de caracteres demonstra a importância da entrada de texto nessa área. Pelos resultados dos experimentos, há evidências de que a entrada de texto, ao utilizar o método proposto neste trabalho, é possível de ser realizada de forma eficiente. Assim, o método poderá ser utilizado para a criação de aplicativos que permitem a entrada de texto em dispositivos com telas sensíveis ao toque.

A estrutura deste trabalho foi dividida da seguinte forma: o Capítulo 2 discorre sobre a entrada de texto; o Capítulo 3 mostra o método proposto para entrada de texto; os resultados do método são expostos no Capítulo 4; e, por fim, no capítulo 5 são descritas as conclusões e os trabalhos futuros, que possam advir desta pesquisa.

Entrada de Texto

2.1 Escrita

A invenção da escrita trouxe um grande avanço para a sociedade. Com sua utilização, é possível guardar informações para posterior utilização, divulgar ideias, se comunicar. A escrita mudou com o tempo, desde seus primeiros registros em pedras e argilas, utilização de papiro e pergaminho até o uso do papel. No papel, a escrita obteve grande sucesso e, com o tempo, tornou-se acessível à maioria da população. Escrever em um papel é uma tarefa que se modificou com o passar dos anos: antes havia manuscritos, ou seja, textos escritos à mão com a utilização de uma caneta ou outro produto semelhante; quando os textos tornaram-se mais comuns, surgiu, então, a necessidade de fazer a escrita mais eficiente, o que possibilitou a invenção da máquina de escrever [48, 6].

2.2 Dispositivos para Entrada de Texto

O final do século XIX foi uma época em que houve um grande avanço da indústria, e invenções como telégrafo, telefone e energia elétrica contribuíram para este avanço. Surgiu, também, a necessidade de maior comunicação e, dessa forma, a máquina de escrever obteve grande popularidade. A primeira máquina de escrever comercial que obteve sucesso foi a *Sholes Glidden Type Writer*, criada em 1874. Já no século XX, as máquinas de escrever tornaram-se um item de consumo, evoluindo com melhorias inicialmente mecânicas, para, ao longo desse século, chegar-se à criação de máquinas eletrônicas e melhorias ergonômicas [48, 56, 33].

No final do século passado, as máquinas de escrever foram perdendo mercado para os computadores, os quais possuíam a mesma funcionalidade e realizavam também outras tarefas. O teclado é o dispositivo responsável pela entrada de texto no computador e foi criado semelhante ao das máquinas de escrever, o que facilitou a adaptação dos usuários ao novo equipamento [48, 43, 52, 33, 31].

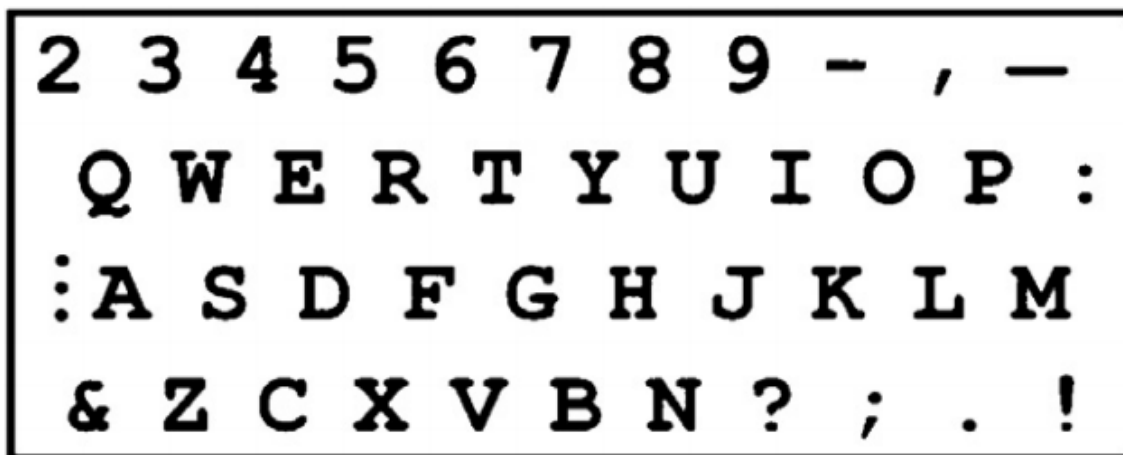


Figura 2.1: Disposição das teclas do layout QWERTY [25].

2.2.1 Teclados

As máquinas de escrever possuíam layouts diferentes para entrada de texto, entre eles, o teclado considerado convencional, o QWERTY. A Figura 2.1 ilustra a disposição das teclas do layout de teclado QWERTY [48, 52, 25].

Outro método para a entrada de texto foi o *Index Typewriters*, que consistia em um índice em formato de uma roda na qual era possível selecionar a letra desejada. Ele perdeu mercado para as máquinas com teclado porque a velocidade de digitação era inferior nesse método (pode ser visualizado na Figura 2.2) [48].

O layout QWERTY foi criado por Christopher Sholes, em 1868. Nesse layout, a disposição das letras não foi feita pensando no usuário e, sim, em limitações mecânicas das máquinas de escrever da época. Dessa forma, as teclas foram dispostas de modo que as letras utilizadas com frequência na língua inglesa ficassem distantes umas das outras [48, 52, 25].

O inconveniente da disposição das teclas no layout QWERTY é que pode causar lesões por esforço repetitivo, pois, como foi referido antes, quando criado, não foi pensado no usuário, mas sim na máquina. Com o surgimento da digitação, esse problema agravou-se [48].

Por causa disso, em 1936 foi desenvolvido o layout DVORAK, criado após uma extensa pesquisa sobre o movimento humano. Sua disposição não causa lesões por esforço repetitivo e colocou as principais letras da língua inglesa na mesma linha, fazendo com que o usuário possa digitar várias palavras sem ter de retirar os dedos da linha central. Ainda que estudos comprovem a rapidez do layout DVORAK em relação ao QWERTY na digitação, contudo, aquele nunca se tornou um sucesso comercial 2.3 .A Figura 2.3 mostra a disposição das teclas do layout DVORAK.

Para a fácil adaptação do usuário, acostumado a datilografar em uma máquina de escrever, os teclados dos computadores iniciaram com o layout QWERTY, pois, assim,

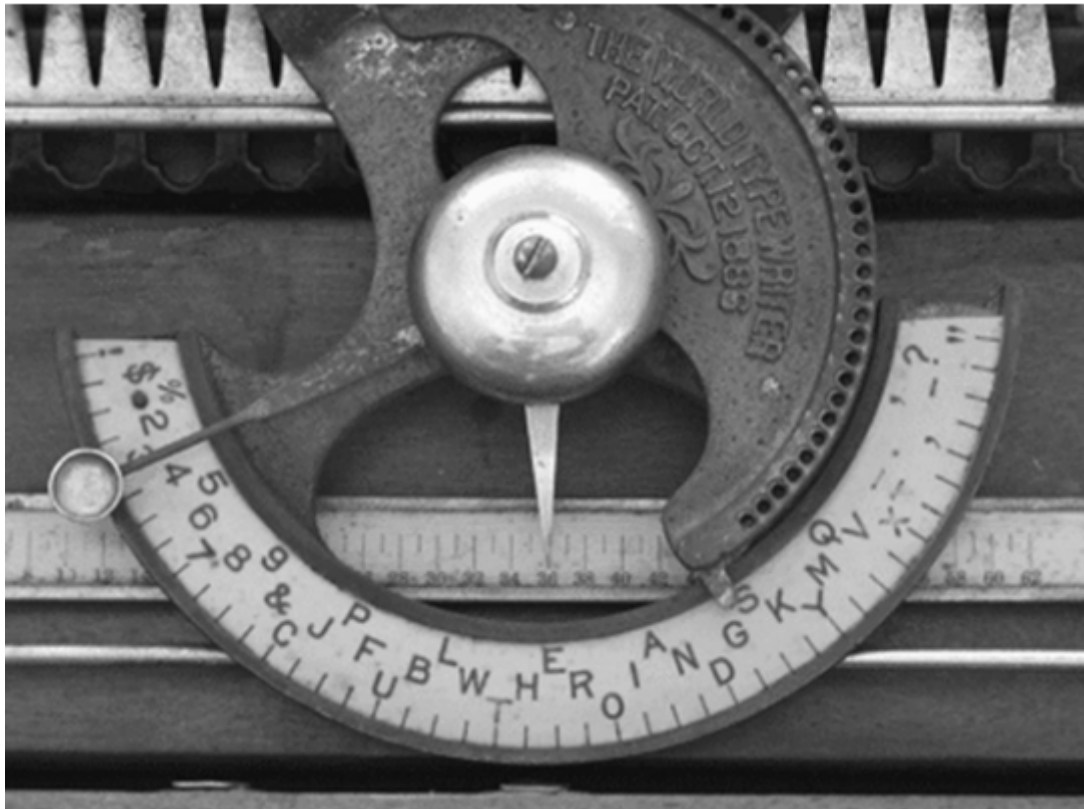


Figura 2.2: Máquina de escrever Index Typewriter [48].

não seria necessário aprender nova disposição de teclas, além de a eficiência desse layout já ter sido comprovada. Por causa disso, os computadores permanecem até hoje com o mesmo layout [48, 23].

2.2.2 Reconhecimento de voz

Falar é algo natural para as pessoas: uma pessoa pode falar muito mais rápido que escrever ou digitar em um teclado. Nesse sentido, o reconhecimento de voz surge como alternativa para a entrada de texto, cujo principal desafio é manter a precisão do reconhecimento. É por isso que, desde o início das pesquisas desse método, existe esta preocupação, sendo que alguns sistemas de reconhecimento trabalham apenas com palavras isoladas, enquanto outros trabalham com reconhecimento de voz contínuo [55, 54, 8, 13].

Os *smartphones* mais atuais, com Sistemas Operacional Android, por exemplo, permitem a entrada de texto de maneira eficiente e interage com o usuário também utilizando voz.

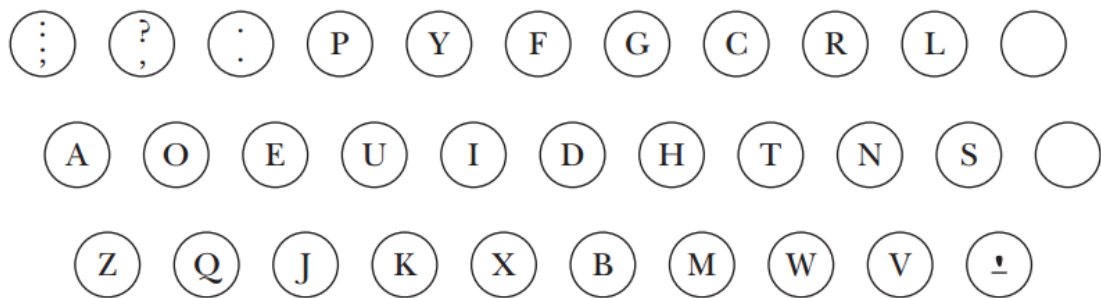


Figura 2.3: *Disposição das teclas do layout DVORAK [48].*

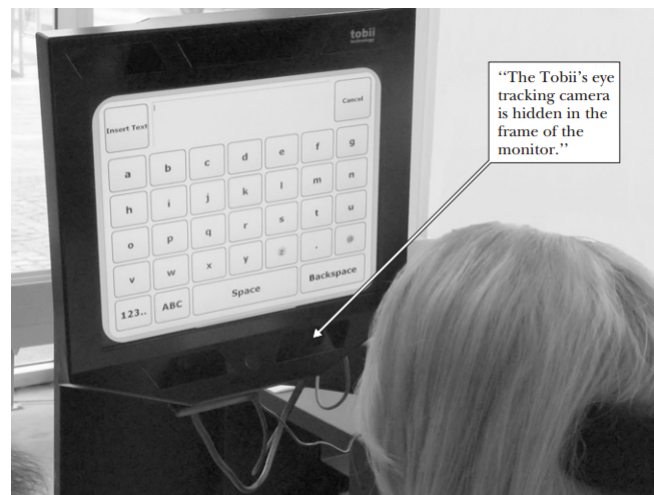


Figura 2.4: *Usuário inserindo texto utilizando rastreamento ocular [32].*

2.2.3 Rastreamento ocular

O funcionamento do rastreamento ocular é baseado no rastreamento da posição do olhar do usuário. O que representa uma vantagem do método, pois, assim, pode ser utilizado por pessoas com limitação de movimentos do corpo, como, por exemplo, as com deficiências físicas. É bastante semelhante às técnicas baseadas em toque na tela, porém, ao invés de tocá-la, a posição do olhar deve ser detectada para identificar qual caractere o usuário pretende inserir. A Figura 2.4 ilustra a utilização do rastreamento ocular como forma de entrada de texto [32].

2.2.4 Ferramentas e Técnicas de Suporte

Uma das ferramentas muito utilizadas como suporte para entrada de texto é o dicionário, que armazena uma lista das palavras e expressões conhecidas [53, 46, 28]. Dessa forma, é possível utilizar técnicas como a de previsão de texto, método auxiliar no reconhecimento de palavras: quando o usuário insere os primeiros caracteres, o sistema identifica quais são as possíveis palavras que podem ser inseridas e fornece sugestões ao

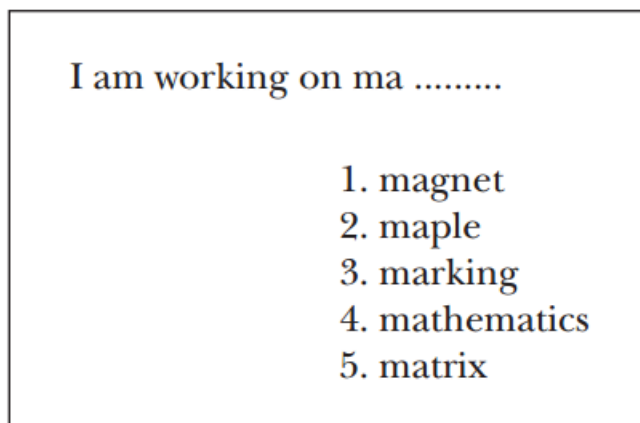


Figura 2.5: *Previsão de texto após inserção de caracteres iniciais [45].*

usuário. Caso a palavra desejada esteja na lista, pode ser inserida com apenas um comando [53, 46, 28, 22].

Do mesmo modo, identificar qual é a próxima palavra que poderá ser inserida é outra técnica. Normalmente, os usuários repetem textos, sejam eles de autorias própria ou não [46, 28, 12], tais como os que são utilizados com frequência: bom dia, boa tarde, como você está?. Nesse sentido, a previsão deixa a inserção de texto mais rápida e eficiente, principalmente em sistemas nos quais a inserção de texto é lenta. A Figura 2.5 mostra a previsão de uma palavra após alguns caracteres terem sido inseridos [45, 12].

2.3 Entrada de texto em dispositivos móveis

Atualmente, as pessoas querem realizar o maior número de tarefas possíveis em um determinado período. Para isto, utilizam produtos tecnológicos [43].

Na Tecnologia da Informação (TI), o termo mobilidade é usado para as tecnologias que permitem ao usuário utilizá-las em movimento ou que possam ser transportadas para diversos locais. As tecnologias com essas características são chamadas de tecnologias móveis, as quais estão presentes nos dispositivos também chamados de móveis.

O uso de dispositivos móveis está crescendo a cada ano. Atualmente, as pessoas não precisam estar em casa para poder ler um e-mail ou acessar as redes sociais. Com os dispositivos móveis, essas tarefas podem ser feitas em qualquer lugar e a qualquer hora. Além dessas, outras funcionalidades estão disponíveis nos dispositivos móveis [26, 43, 42]: lembretes, agenda, despertador, digitar textos e, até mesmo, realizar compras pela Internet, acessar contas bancárias, ler livros, entre diversos outros serviços. Com a popularização desses equipamentos, o número de aplicativos cresce e, com isso, os dispositivos móveis ganham cada vez mais funcionalidades [16, 24].



Figura 2.6: Teclado de celular com doze botões [48].

Contudo, algumas tarefas ainda são restritas nos dispositivos móveis, em parte por algumas dificuldades de aprendizagem do usuário ou, até mesmo, por limitações tecnológicas dos aparelhos. Usuários iniciantes, por exemplo, podem ter dificuldades em aprender funções relacionadas à entrada de texto nos dispositivos móveis.

Apesar da existência de uma variedade desses dispositivos e aplicativos que permitem a entrada de texto, os dispositivos que não possuem teclados físicos têm apresentado maior índice de dificuldade de aprendizagem entre os usuários, já que, em vez dos teclados físicos, há aplicativos responsáveis por esta função. Dos quais, estão disponíveis no mercado os pagos e os gratuitos, cada um com uma forma diferente de permitir a entrada de texto com o intuito de facilitar sua utilização pelo usuário [51, 16, 12].

2.3.1 Evolução dos dispositivos móveis

Os dispositivos móveis mais comuns no mercado são: televisão portátil, PDA, telefone celular, *smartphone*, tablet e, recentemente, os relógios inteligentes *smartwatches*, que estão ganhando bastante popularidade [9, 40, 30, 47].

Os primeiros celulares a permitir a entrada de texto possuíam, para isto, doze botões (a Figura 2.6 apresenta um celular dessa categoria), cujos teclados apresentavam o layout QWERTY com o intuito de facilitar a inserção de texto. Em contrapartida, os *smartphones*, em grande maioria nos modelos atuais, não possuem teclados físicos e, por conta disso, a entrada de texto deve ser feita por aplicativos que criam teclados virtuais ou utilizam outra técnica (a Figura 2.7 mostra o layout desse tipo de teclado) [48, 10, 16].

2.3.2 Reconhecimento de escrita baseado em gestos

Entretanto, há as pesquisas que associam uma letra a um gesto e, dessa forma, o usuário pode memorizar os gestos referentes a cada caractere, sendo que isto deve ser feito toda vez que desejar inserir a letra, o símbolo ou o número correspondente. A Figura 2.8 mostra um exemplo de gestos que representam caracteres [60].



Figura 2.7: Teclado virtual de um smartphone [10].

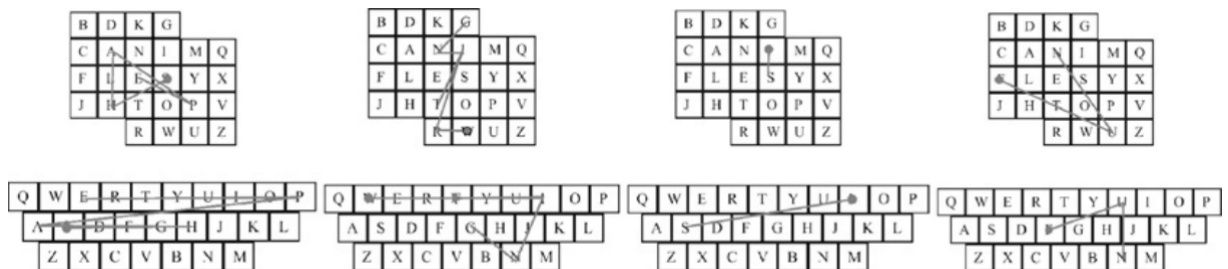


Figura 2.8: Inserção de texto deslizando pelas teclas de um teclado virtual [60].

Há pesquisas que associam uma letra a um gesto, desta forma, o usuário deve memorizar os gestos referentes à cada carácter e ele deve ser feito sempre que o usuário desejar inserir este carácter. A 2.9 mostra um exemplo de gestos que representam caracteres [48, 17].

2.3.3 Reconhecimento de escrita natural

A forma mais natural de as pessoas escreverem é a escrita natural ou caligráfica. No entanto, as máquinas de escrever e os computadores ganharam o mercado com outras técnicas de inserção de texto, pelas quais a velocidade de inserção de palavras é bem maior que a da caligrafia. Porém, nos dispositivos móveis, a utilização de teclado virtual pode não ser eficiente em relação à facilidade de uso e à velocidade de inserção de texto e, com isso, a escrita natural começa a ser novamente explorada como alternativa [50, 34, 58, 1, 41, 38, 37, 38].

Há dois métodos para realizar o reconhecimento da escrita natural: o off-line e o on-line. No primeiro, o processamento é realizado em textos prontos previamente. Já no reconhecimento on-line, o processamento é realizado em tempo real [37, 20]. Por as pessoas escreverem de forma diferente, isso gera um problema para o reconhecimento.

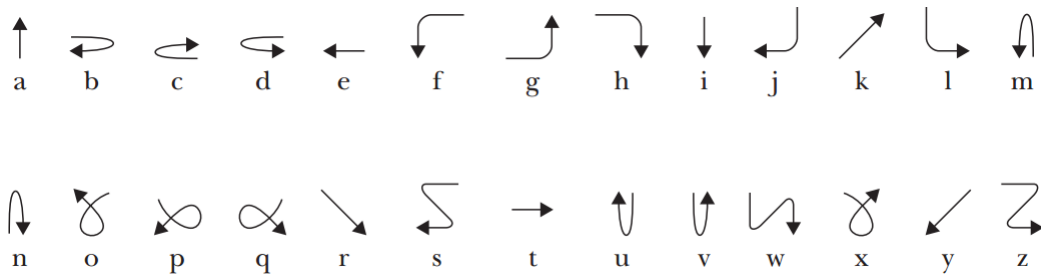


Figura 2.9: Conjunto de gestos que representam caracteres [17].

Tendo em vista esse problema, foram projetados vários alfabetos para o reconhecimento da escrita, como, por exemplo, o *Tironian Alphabet* (Figura 2.10) e o *Graffiti Alphabet* (ilustrado na Figura 2.11). Eles foram criados baseados em figuras geométricas como elipses, retas e pela combinação destas duas figuras. Isso facilita o reconhecimento por se tratar de um conjunto restrito de formas geométricas. Contudo, criar novos alfabetos obriga o usuário a aprender novos símbolos para fazer referência ao alfabeto a que está acostumado [50].

O *Tironian Alphabet* foi criado por Marcus Tullius Tiro em 63 a.C. para registrar discursos no senado romano [50]. No caso do *Graffiti Alphabet*, foi utilizado pelos dispositivos da Palm até ser substituído pelo *Graffiti Alphabet 2*, cuja diferença é utilizar dois toques para reconhecimento dos caracteres “i”, “k”, “t” e “x”. Além dessas mudanças com o predecessor, o gesto para reconhecimento do carácter “q” também foi modificado, como pode ser visto na Figura 2.12 [50, 27].

Abreviações definidas pelo próprio usuário podem aumentar a velocidade da entrada de texto. Nesse caso, é necessário que o algoritmo de reconhecimento tenha essa funcionalidade, inserindo abreviações de palavras ou de pequenos textos.

2.3.4 Smartwatches

O *Smartwatch* é um dispositivo móvel inteligente no formato de um relógio, o qual, trabalhando em conjunto com um *smartphone*, facilita o cotidiano das pessoas, pois tudo fica disponível em uma pequena tela presa ao pulso do usuário. Com este dispositivo, é possível acessar redes sociais, ler e enviar e-mails, ou seja, é possível utilizá-lo como uma segunda tela para o *smartphone*. Ainda que haja diversas pesquisas em entrada de texto para os *smartwatches*, por serem pequenos, acabam por dificultar essa tarefa [57, 39, 2, 11, 44, 3, 15, 4].

Nesse sentido, a interação com esses tipos de dispositivos pequenos mostra-se, ainda, um desafio, posto que a intenção deles fosse a de facilitar a vida do usuário. Portanto, seria necessário serem criadas maneiras de interação rápidas e eficientes, dentre elas, as técnicas de entrada de texto.

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| A | Λ | H | Υ | P | ✓ |
| B | 3 | I | l | Q | ∟ |
| C | C | K | K | R | 2 |
| D | ∂ | L | ~ | S | ✓ |
| E | 6 | M | ~ | T | 7 |
| F | ↗ | N | z | V | U |
| G | < | O | > | X | ✓ |
| | | | | Z | z |

Figura 2.10: Tironian Alphabet [50].

Λ B C D E Γ G h I J < L M
 N O P σ R S T U V W X y Z

Figura 2.11: Graffiti Alphabet [50].

Λ B C D E Γ G h i¹i² J¹K² L M
 N O P q R S¹†₂ U V W¹X² y Z

Figura 2.12: Graffiti Alphabet 2 [27].



Figura 2.13: *Fleksy no Samsung Gear S [14].*

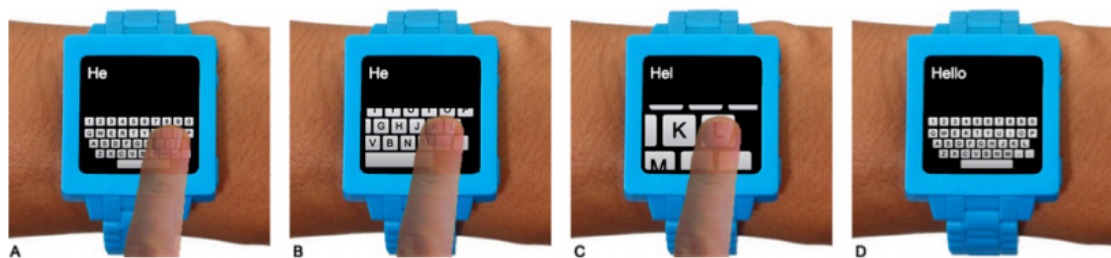


Figura 2.14: *Exemplo de utilização do aplicativo Zoomboard (a) Tamanho padrão do teclado em um smartwatch, (b) Demonstram a ampliação da imagem com um toque na tela, (c) seleção da letra após ampliações e (d) teclado em tamanho padrão após a inserção da letra [40].*

2.4 Trabalhos Relacionados

A entrada de texto em dispositivos com telas sensíveis ao toque é importante devido ao crescimento do uso de dispositivos que as utilizam. O teclado *Fleksy* foi desenvolvido para dispositivos Android e é utilizado em aparelhos de todos os tamanhos desde *smartwatches* até tablets, por exemplo. Esse teclado possui alguns comandos que podem ser inseridos com apenas um gesto e não analisa apenas as teclas tocadas pelo usuário para inserir os caracteres, mas também o padrão de escrita e as tecladas próximas para identificar a palavra. A Figura 2.13 apresenta a interface do aplicativo em um *smartwatch*.

No caso do *Zoomboard*, verifica-se um método em que um teclado pode ser tocado na área da letra desejada e uma ampliação desta é apresentada ao usuário para ser ampliada novamente ou para permitir que o usuário a selecione. A Figura 2.14 apresenta uma demonstração da utilização do aplicativo em um *smartwatch* [40].

Uma forma de procurar dados no Android, como contatos, aplicativos e arquivos, é utilizando o aplicativo *Google Gesture Search*, no qual o usuário desenha letras ou

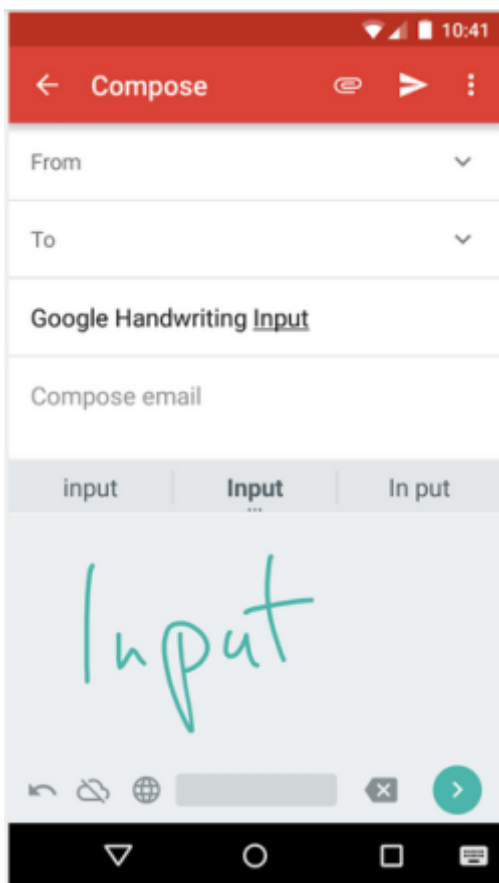


Figura 2.15: Entrada de texto com o aplicativo Google Handwriter Input [19].

números e, então, o aplicativo realizará uma busca no dispositivo por dados contendo esses caracteres [18].

Outro aplicativo, o *Google Handwriter Input*, permite a inserção de texto no dispositivo utilizando letras cursivas feitas diretamente em sua tela, bem como é possível, ainda nesse aplicativo (A utilização dele no reconhecimento de letras e palavras pode ser visto na Figura 2.15), realizar gestos com os dedos ou utilizar uma caneta.

Já *Analog Keyboard* é um aplicativo desenvolvido pela Microsoft para entrada de texto em *smartwatches*. Nele, há uma área na qual é possível desenhar uma letra para ser reconhecida pelo dispositivo. Além disso, outra função do aplicativo é a previsão de palavras [35]. A Figura 2.16 mostra a interface e exemplo de uso do aplicativo.

No caso do *Minuum*, criado para uso em dispositivos com telas reduzidas, é um aplicativo que coloca todas as letras em uma única fileira e, para escrever, o usuário deve tocá-las, o que realiza a previsão de texto. Além disso, o usuário também pode ampliar uma área de letras para posteriormente ter a possibilidade de selecioná-las [36]. Outra função é a inserção de números, também permitida pelo aplicativo. A Figura 2.17 apresenta este aplicativo desenvolvido.

Observando as características de cada um desses aplicativos descritos anterior-

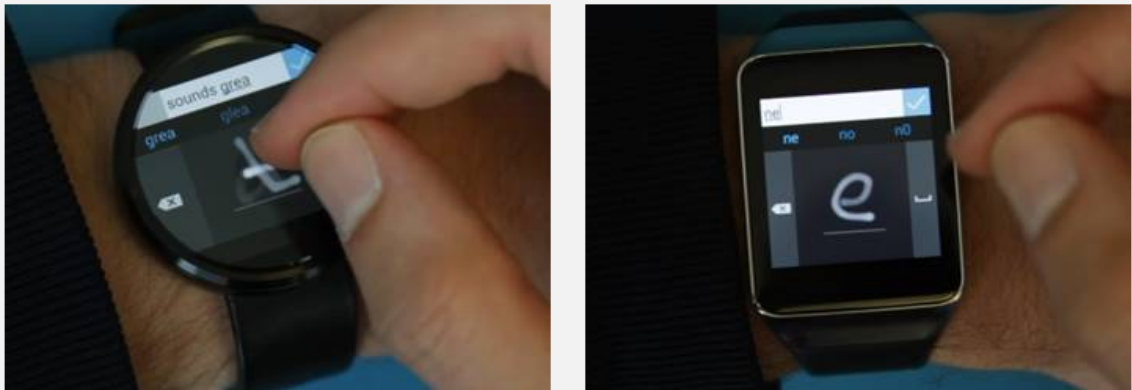


Figura 2.16: *Entrada de texto utilizando o Analog Keyboard [35].*



Figura 2.17: *Entrada de texto utilizando o Minuum Keyboard [36].*

mente, é possível verificar que, em resumo, eles possuem funções específicas nos dispositivos móveis: enquanto o *Fleksy* permite a entrada de texto utilizando padrões e o redimensionamento do tamanho do aplicativo, o Google Gesture Search admite a pesquisa de conteúdos por meio de gestos, diferentemente, por exemplo, do *Google Handwriter Input*, o qual realiza a entrada de texto levando-se em conta o reconhecimento de escrita cursiva.

Já o *Analog Keyboard* trabalha de forma a possibilitar ao usuário desenhar a letra na tela (reduzida nos dispositivos para os quais fora projetada) e identificar, em seguida, qual a letra desenhada. Por outro lado, o Minuum, também utilizado em telas de tamanho reduzido, emprega a técnica de dispor todas as letras em uma linha e realiza a previsão de texto.

Portanto, observa-se nesses aplicativos técnicas diferentes, porém, todos objetivam facilitar a entrada de texto em dispositivos móveis e, igualmente, serem aplicados em dispositivos com telas sensíveis ao toque. Tendo em vista as possibilidades desses apli-

cativos para a entrada de texto, o propósito deste trabalho é permitir, utilizando gestos, a inserção de uma letra com apenas um ou dois toques na tela. Outro objetivo é inserir texto com poucos toques na tela, porém, apresentando um método diferente.

Método Proposto para Entrada de Texto

No presente trabalho, apresenta-se um método desenvolvido para identificar as possíveis letras a serem inseridas por meio de gestos. O reconhecimento de gestos é feito pelo algoritmo de reconhecimento incremental e a identificação das letras é realizada por um classificador *Naïve Bayes*, a partir do conjunto de treinamento. Este algoritmo calcula a probabilidade de inserção das letras em relação a cada gesto produzido pelo usuário.

3.1 Reconhecimento Incremental de Gestos

Um método foi desenvolvido com o intuito de não ser necessário terminar um gesto para que este possa ser reconhecido. Para isso, o algoritmo de reconhecimento incremental recebe um template com um conjunto de gestos, sendo que cada gesto é composto por um mapa de pontos. Quando o movimento está sendo realizado, é calculada a probabilidade de ser um gesto do template e, desta forma, é possível reconhecer um gesto sem que ele seja finalizado [29]. O método trabalha com o reconhecimento contínuo de gestos e é capaz de prevê-los com alta precisão em vários conjuntos de dados diferentes.

Como usuários confiam menos em sistemas que funcionam de forma imprevisível, estão sendo desenvolvidos métodos mais transparentes a quem vai usá-los. Com isso, os autores acreditam que fornecer um feedback em tempo real pode ajudar os usuários a entender o processo de reconhecimento e, por consequência, melhorar a forma de trabalho com o sistema [29].

Por ser capaz de prever gestos parciais, o algoritmo consegue identificar a probabilidade de o usuário estar executando um gesto pertencente a um grupo, o que o faz fornecer, dessa forma, um feedback contínuo para quem utilizá-lo.

3.1.1 Modelos e segmentos

No sistema desenvolvido, cada gesto é um modelo que possui um conjunto de segmentos descrevendo, de forma crescente, os trechos parciais do movimento. Por ser um

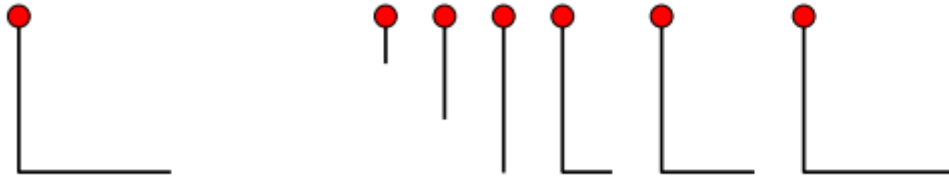


Figura 3.1: Demonstrador do algoritmo de reconhecimento incremental em execução [29].

vetor de pontos ordenados em relação ao tempo, ou seja, um vetor de pontos ordenados relativos ao modo como o movimento deve ser produzido, um gesto é segmentado em várias partes e em movimentos crescentes. Na Figura 3.1, um modelo é representado por w_j , que é um par (l, S) , onde l é a descrição do modelo e $S = (S_i)$ é um conjunto de segmentos que descreve modelo completo. A Equação 3-1 descreve um modelo completo.

$$S = [S_1, S_2, \dots, S_n] \quad (3-1)$$

Como pode ser observado na Figura 3.1 os gestos possuem um ponto inicial, representado na Figura 3.1 por uma elipse vermelha na extremidade do gesto.

3.1.2 Reconhecimento de Gestos

À medida que o gesto vai sendo executado, o sistema calcula a probabilidade de ser um gesto do template. O algoritmo trabalha com gestos que são executados com mais frequência, ou seja, procura encontrar padrões, pois, normalmente, há gestos que são mais repetidos que outros.

Sendo $\Omega = \omega_k$ o conjunto de modelos e o vetor de entrada I com i pontos $[i_1, i_2, \dots, i_i]$.

Para cada novo ponto no índice i é calculada a probabilidade posterior para cada template $\omega_j \in \Omega$ usando a regra de Bayes, como mostra a Equação 3-2:

$$P(\omega_j | I_i) = \frac{P(\omega_j)P(I_i | \omega_j)}{\sum_k P(\omega_k)P(I_i | \omega_k)} \quad (3-2)$$

Onde $P(\omega_j)$ é a probabilidade prévia e $P(I_i | \omega_j)$ é a probabilidade e o denominador é o termo de exclusão.

3.1.3 Probabilidade

A probabilidade pode ser calculada com a entrada parcial de um gesto, referente ao template previamente armazenado.

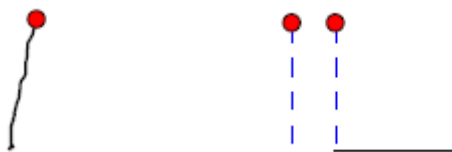


Figura 3.2: Exemplo de dois segmentos (direita) coincidindo com um curso do usuário (esquerda), o ponto vermelho indica a posição inicial e o tracejado azul as partes que coincidem.[29].

O algoritmo leva em consideração se o gesto do usuário corresponde a um gesto parcial ou completo, pois, caso seja um gesto parcial, deve-se comparar prioritariamente com os modelos incrementais e, caso seja um gesto completo, os templates completos devem possuir prioridade na comparação. Além disso, o algoritmo pode ou não saber o ponto final de um gesto. Caso não saiba, não será capaz de identificar um gesto, como mostra a Figura 3.2.

3.1.4 Função de Distância

A distância é calculada a partir da distância euclidiana e ângulo de viragem. Mesmo que a distância euclidiana seja amplamente utilizada em diversas aplicações, inclusive em reconhecimento de gestos, ela exige que as sequências sejam normalizadas. Já o ângulo de viragem calcula o ângulo giro médio entre duas sequências, utilizando um eixo de referência fixo, o que possibilita calcular a diferença angular de dois segmentos de linha correspondentes. Esta solução foi proposta originalmente para banco de dados de pesquisas de imagens e utilizada posteriormente para prever a escala de gestos.

3.1.5 Demonstrador

Para esse método de reconhecimento, foi criado um demonstrador. A Figura 3.3 ilustra a utilização desse demonstrador, a Figura 3.3 (a) ilustra o movimento em execução e a Figura (b) mostra o conjunto de gestos de um template e o gesto reconhecido realçado por um quadrado preto [29].

3.2 Naïve Bayes

Naïve Bayes é um classificador que trabalha com o conceito de probabilidade condicional. Avaliado como ingênuo por considerar os atributos condicionalmente independentes, o classificador considera ainda que os dados de um evento interferem nos demais. Apesar disso, é bastante utilizado e possui bons resultados[49, 5].

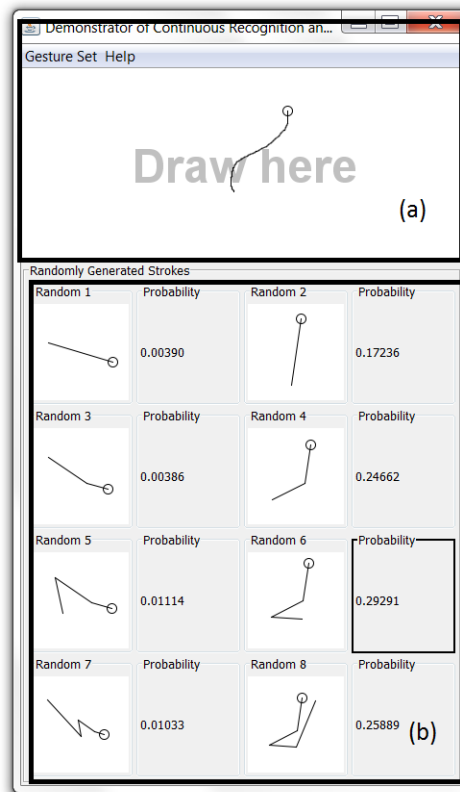


Figura 3.3: Demonstrador do algoritmo de reconhecimento incremental em execução [29].

Dessa forma, quando é dado um elemento a ser classificado, representado por algumas características, o classificador atribui probabilidades a este elemento. Seu funcionamento é baseado em classes, ou seja, atribui a um elemento probabilidades de pertencer às classes de seu conjunto de treinamento. Para realizar a classificação, é utilizada a probabilidade condicional e o Teorema de Bayes [49, 5, 59, 21].

Além do exposto acima, uma vantagem da *Naïve Bayes* é que requer uma quantidade de dados pequenos para treinamento [21].

3.2.1 Probabilidade

A probabilidade calcula a chance de ocorrer um evento em um experimento aleatório. O conjunto de todos os possíveis resultados de um experimento é chamado de espaço amostral, cujo símbolo é o S [7].

A probabilidade de um evento A ocorrer é expressa pela fórmula da Equação 3-3:

$$P(A) = \frac{\#(A)}{\#(S)} \quad (3-3)$$

Onde $\#(A)$ é o número de elementos de A pertencentes ao conjunto S e $\#(S)$ é a quantidade de casos possíveis.

3.2.2 Probabilidade Condicional

A probabilidade condicional é a probabilidade de um evento A ocorrer, tendo ocorrido um evento B , ambos de um espaço amostral S [7]. Essa probabilidade é calculada em relação a B e não ao espaço amostral S [7].

A fórmula da Equação 3-4 expressa a probabilidade de um evento A ocorrer em relação à ocorrência de um evento B :

$$P(A|B) = \frac{P(A \cap B)}{P(B)} \quad (3-4)$$

$P(A \cap B)$ é a razão do seu número de elementos para o número de elementos do espaço amostral, desta forma $P(A \cap B) = \frac{\#(A \cap B)}{\#(S)}$. $P(B)$ é a razão do seu número de elementos para o espaço amostral. ou seja, a probabilidade do evento B acontecer.

3.2.3 Cálculo das Probabilidades

O modelo utilizado para calcular as probabilidades de um problema a ser classificado é representado pela Equação 3-5 [21]:

$$P(C_k|x_1, x_2, x_3, \dots, x_n) \quad (3-5)$$

O cálculo do modelo probabilístico da Equação 3-5 é inviável de ser solucionado. Dessa forma, o Teorema de Bayes é utilizado para solucionar este problema e a equação pode ser reescrita com a Equação 3-6 [21]. Pode-se dizer, portanto, que Teorema de Bayes relaciona as probabilidades A e B com suas probabilidades condicionais e permite calcular a probabilidade a posteriori de um padrão. O cálculo da probabilidade a posteriori de uma hipótese baseia-se na probabilidade a priori da hipótese e da evidência.

$$P(C_k|x) = \frac{P(C_k)p(x|C_k)}{P(x)} \quad (3-6)$$

Na Equação 3-6, $P(C_k|x)$ representa a probabilidade a posteriori. $P(C_k)$ representa a probabilidade a priori e $P(x|C_k)$ representa a distribuição de probabilidades [21].

Na prática apenas o numerador é considerado na fórmula, pois, o denominador é constante e pode ser desconsiderado, assim, pode ser reescrita pela Equação 3-7 [21]:

$$P(C_k|x) = P(C_k)p(x|C_k) \quad (3-7)$$

Utilizando a regra da cadeia, pode-se reescrever a Equação 3-7 com a Equação

3-8:

$$\begin{aligned}
 P(C_k|x_1, \dots, x_n) &= P(C_k)P(x_1, \dots, x_n|C_k) \\
 P(C_k|x_1, \dots, x_n) &= P(C_k)P(x_1|C_k)P(x_2|C_k, x_1)P(x_3, \dots, x_n|C_k, x_1, x_2) \quad (3-8) \\
 P(C_k|x_1, \dots, x_n) &= P(C_k)P(x_1|C_k)P(x_2|C_k, x_1) \dots P(x_n, \dots, x_n|C_k, x_1, x_2, \dots, x_{n-1})
 \end{aligned}$$

Como a *Naïve Bayes* é ingênua, ou seja, trabalha com atributos independentes assumi-se que:

$$\begin{aligned}
 P(C_k|x_1, \dots, x_n) &= P(C_k)P(x_1, \dots, x_n) \\
 P(C_k|x_1, \dots, x_n) &= P(C_k)P(x_1|C_k)P(x_2|C_k)P(x_3|C_k) \dots P(x_n|C_k) \quad (3-9) \\
 P(C_k|x_1, \dots, x_n) &= P(C_k) \prod_{i=1}^n P(x_i|C_k)
 \end{aligned}$$

Utilizando uma regra de decisão, seleciona-se a hipótese mais provável, ou seja, o máximo posteriori ou regra de decisão MAP, a Equação 3-10 demonstra a fórmula:

$$Y = \operatorname{argmax} P(C_k) \prod_{i=1}^n P(x_i|C_k) \quad (3-10)$$

3.3 Método Desenvolvido

3.3.1 Construção da Base

A proposta inicial para a criação da base de gestos, utilizados para inserir cada letra, era a semelhança geométrica entre as letras e os gestos. Porém, constatou-se que seria melhor utilizar uma base de gestos de usuários para identificar os padrões entre as letras.

Dessa forma, utilizando o algoritmo de reconhecimento incremental, foi criada uma base de gestos a serem reconhecidos, a qual é composta por retas e curvas e pode ser vista na Figura 3.4. Nesta figura, é possível ver que as elipses em cada gesto representam o início. Contudo, foram criados gestos para começar nas extremidades inicial e final, conforme o representado pela figura citada, sendo que a base foi treinada para identificar o gesto iniciando pelas duas extremidades dele.

O trabalho desenvolvido pelos pesquisadores do algoritmo de reconhecimento incremental não possuía curvas em seus templates. Por causa disso, utilizou-se a equação geral da circunferência para inserir curvas e criar um template com retas e curvas. Assim, os gestos foram modelados criando pontos que os representam e, para gerar os pontos das retas e das curvas, foram criados algoritmos.

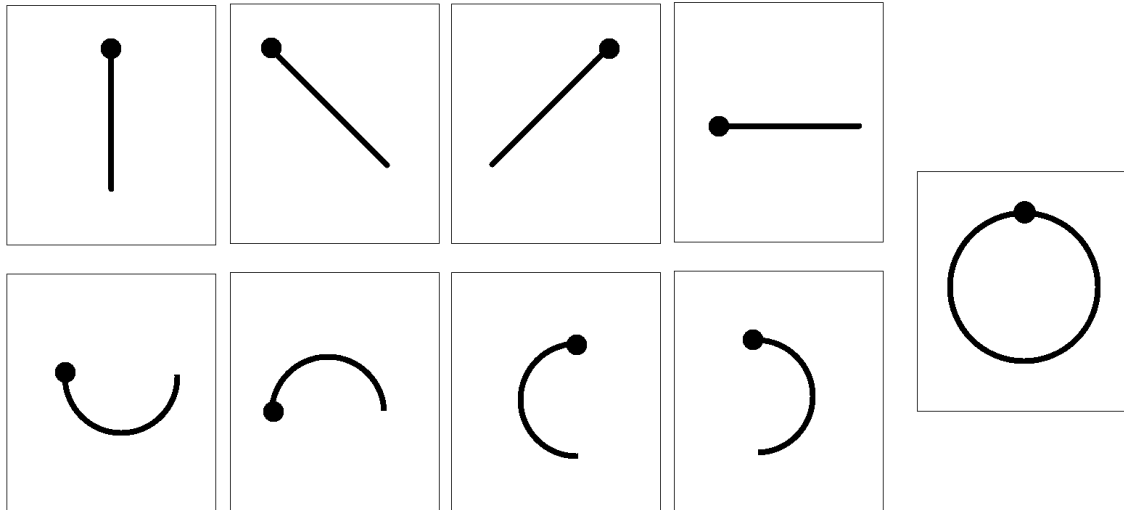


Figura 3.4: *Template de gestos criado para serem reconhecidos pelo algoritmo de reconhecimento incremental.*

O deslocamento dos pontos apenas no eixo Y gera uma reta vertical, enquanto o deslocamento dos pontos no eixo X gera uma reta horizontal. Para criar uma reta diagonal há deslocamento nos eixos X e Y em proporções iguais.

As curvas foram criadas baseadas na equação geral da circunferência, demonstrada na Equação 3-11, e, como no algoritmo o centro é a origem, a equação pode ser reduzida para a Equação 3-12, definindo um raio e incrementando o eixo X , assim como o eixo Y pode ser obtido pela equação reduzida da circunferência.

$$(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2 = r^2 \quad (3-11)$$

$$x^2 + y^2 = r^2 \quad (3-12)$$

Os passos para a construção da base foram: reconhecer gestos dos participantes, armazenar os gestos utilizados para inserir cada letra e, por fim, realizar o treinamento do classificador *Naïve Bayes*, como demonstra a Figura 3.5.

O primeiro passo, o reconhecimento de gestos, é realizado pelo algoritmo de reconhecimento incremental e, em seguida, os gestos realizados são armazenados e posteriormente utilizados no treinamento do classificador.

Baseado no modelo apresentado na Figura 3.5, foi criado um aplicativo, desenvolvido para o sistema Android, para realizar o treinamento da rede *Naïve Bayes*. Desta forma, o usuário realiza os gestos necessários para inserir uma letra, baseando-se nos gestos reconhecidos pelo algoritmo, e confirma a inserção de cada letra utilizando o aplicativo. No aplicativo, é apresentada uma letra e o usuário realiza os gestos que julga necessários para inseri-la. Após a confirmação, é exibida a próxima letra do alfabeto e o



Figura 3.5: *Passos para a construção da base de gestos para inserção das letras.*

usuário insere os gestos novamente, sendo que este processo se repete até que os gestos para inserir todas as letras do alfabeto (A - Z) sejam armazenados. A Figura 3.6 apresenta o aplicativo utilizado para armazenar os gestos utilizados para construir a base.

O aplicativo contém uma área em azul onde os usuários podem inserir os gestos, uma área bege que apresenta o último gesto realizado pelo usuário e as cinco áreas amarelas, nas quais os gestos utilizados para inserir a letra são apresentados. Além desses itens, o aplicativo apresenta o botão *Clear*, utilizado para apagar todos os gestos realizados para a inserção de uma determinada letra, e o botão *OK*, que confirma a inserção de uma letra. A letra que deve ser inserida é mostrada logo acima dos botões, enquanto, na parte superior, são demonstrados os gestos que podem ser utilizados.

O limite de gestos para inserir cada letra foi limitado a cinco, pois, como já foi dito, um dos objetivos do trabalho é reconhecer a letra com até dois gestos realizados pelo usuário.

Não foi solicitado aos usuários inserir apenas dois gestos por letra para não interferir no treinamento da base, pois, o objetivo foi treinar a base da forma mais natural possível para facilitar no reconhecimento e utilização do aplicativo.

Dessa forma, o aplicativo foi utilizado por 30 usuários, que realizaram gestos para inserir cada letra do alfabeto, sendo que, por conta de cada usuário ter inserido todas as letras três vezes, cada letra foi inserida 90 vezes no total.

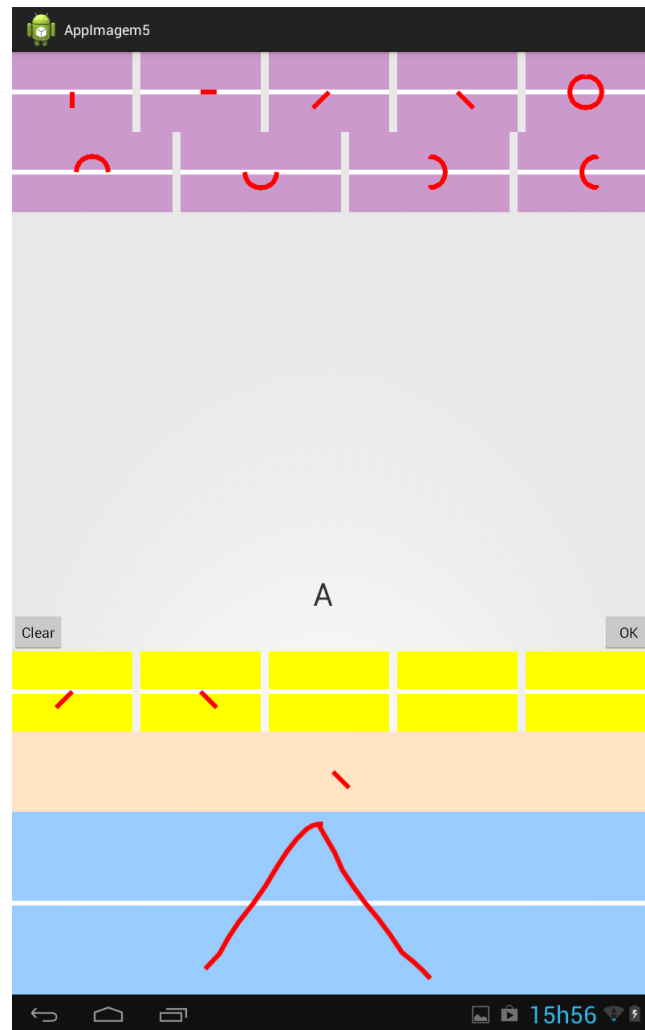


Figura 3.6: Aplicativo criado para a construção da base de gestos para inserção das letras

Os usuários inseriram as letras em grupos de três, nos quais todas as letras foram inseridas uma vez pelo primeiro usuário, depois pelo segundo e, por último, pelo terceiro, e, após este, o processo iniciava-se novamente. Isso foi feito para que os usuários não se cansassem e fizessem os gestos sem prestar atenção, bem como para não gerar nenhum vício no processo.

3.3.2 Reconhecimento das Letras

Para cada gesto inserido, é calculada a probabilidade de todas as letras e, caso o usuário insira um novo gesto, é realizado um novo cálculo. Caso contrário, ele não realizando um novo gesto, a letra com maior probabilidade é selecionada. Esses passos podem ser visualizados na Figura 3.7.

O reconhecimento dos gestos é realizado pelo algoritmo de reconhecimento incremental com o template de gestos utilizado no treinamento do classificador *Naïve*

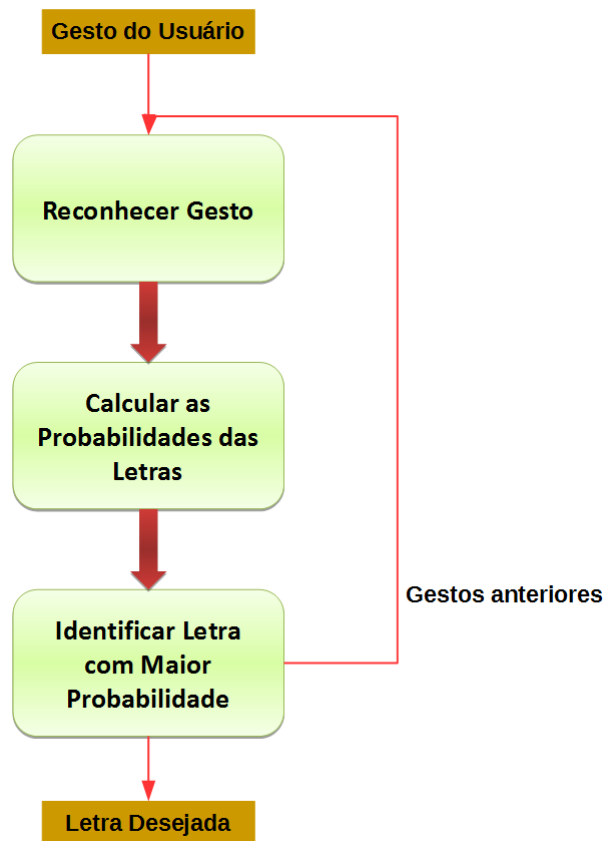


Figura 3.7: Passos para reconhecimento das letras utilizando os gestos realizados.

Bayes, o qual é responsável por calcular as probabilidades de todas as letras quando um novo gesto é realizado.

Utilizando os conceitos de probabilidade e o teorema de Bayes aplicado ao *Naïve Bayes*, pode-se calcular a probabilidade da inserção de uma letra pela fórmula da Equação 3-13:

$$P(C_k|g_1, g_2, \dots, g_n) = P(C_k) \prod_{i=1}^n P(g_i|C_k) \quad (3-13)$$

Onde n representa a quantidade de gestos que o usuário realizou.

A probabilidade de cada gesto para uma letra é calculada baseando-se na posição do gesto, se é o primeiro, segundo, terceiro, quarto ou quinto. O cálculo é feito dividindo a probabilidade do gesto relacionado à letra pela probabilidade da letra, a Equação 3-14 demonstra este cálculo:

$$P(g|C_k) = \frac{P(g)P(C_k|g)}{P(C_k)} \quad (3-14)$$

Após calcular a probabilidade de inserção de cada letra a partir dos gestos realizados pelo usuário, é selecionada a letra com maior probabilidade de ser inserida,

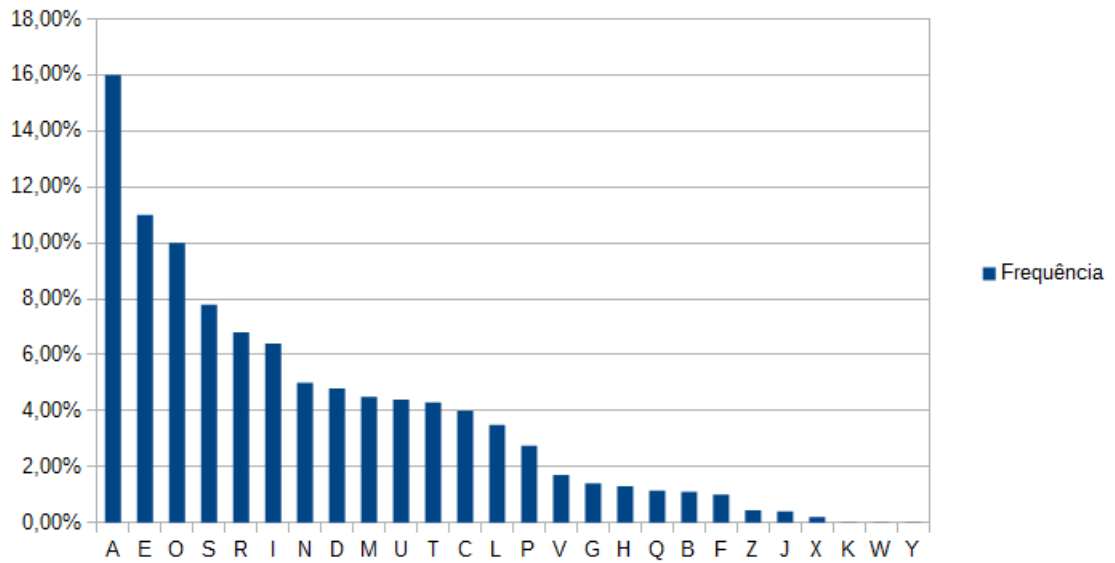


Figura 3.8: Gráfico da ocorrência proporcional das letras na língua portuguesa.

sendo que o cálculo é realizado pela fórmula da Equação 3-15:

$$Y = \operatorname{argmax}P(C_k|g_1, g_2, \dots, g_n) \quad (3-15)$$

Probabilidade da letra

A probabilidade da letra $P(C_K)$ foi calculada utilizando sua proporção de utilização na língua portuguesa, ou seja, as letras mais frequentes possuem maior probabilidade. Para identificar a frequência das letras, foi criado um algoritmo que calculou a ocorrência das letras em 3000 artigos científicos, em diversas áreas do conhecimento, e em páginas da Internet na língua portuguesa. A Figura 3.8 apresenta a frequência proporcional de ocorrência das letras na língua portuguesa.

3.4 Protótipo de Reconhecimento de Letras

Após a criação da base e o treinamento do classificador *Naïve Bayes*, foi desenvolvido um aplicativo que faz o reconhecimento das letras utilizando os gestos inseridos pelos usuários. Assim, a cada gesto realizado pelo usuário, são exibidas até cinco letras com as maiores probabilidades de serem inseridas.

O aplicativo trabalha seguindo os passos apresentados na Figura 3.7. Para cada gesto realizado, é calculada a probabilidade de todas as letras. Além disso, foi desenvolvido um aplicativo para teste da técnica com usuários, o qual mostra as letras que eles

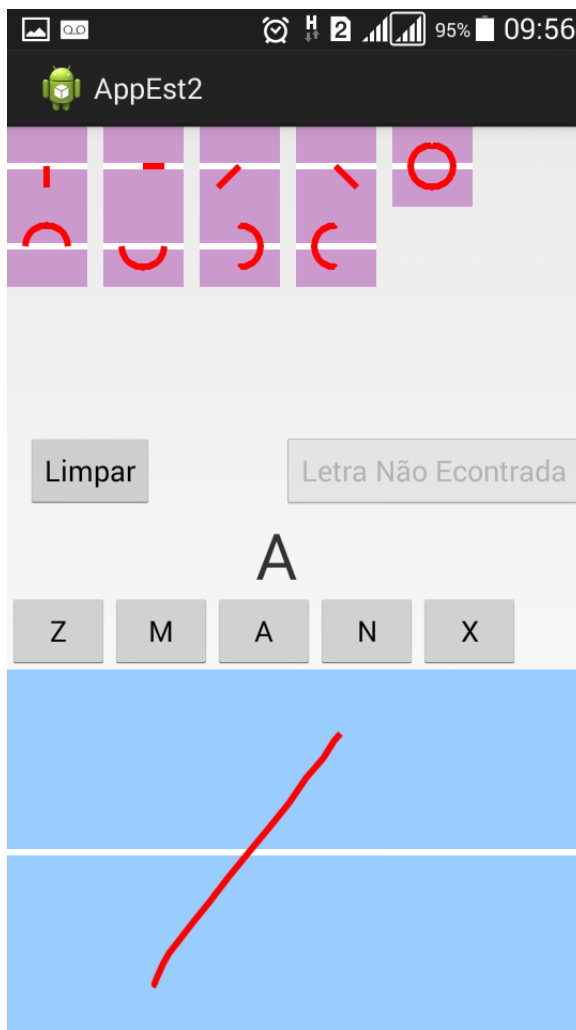


Figura 3.9: Aplicativo utilizado para fazer os experimentos.

deveriam inserir e os gestos que poderiam realizar. No aplicativo, há, ainda, um botão Letra Não Encontrada, que o usuário poderia selecionar se não encontrasse a letra depois de realizar os gestos. Outro botão, Limpar, é onde o usuário pode limpar os gestos realizados para inserção da letra, caso realize um gesto que não queria ter realizado. A interface do aplicativo pode ser vista na Figura 3.9.

O aplicativo foi desenvolvido para o Sistema Operacional Android, utilizando a linguagem de programação Java na *Integrated Development Environment* (IDE) Eclipse, assim como utiliza o plugin *Android Development Tools* (ADT), que é específico para desenvolvimento de aplicativos para Android no eclipse. O Eclipse com o plugin ADT é uma IDE recomendada pela Google, empresa que desenvolve o Android.

A escolha do sistema operacional Android foi feita tendo em vista a diversidade de dispositivos que o utilizam, por ser um software livre e pela sua utilização em *smartwatches* como o Samsung Galaxy Gear, o Sony Smartwatch 2 e o Moto 360, por exemplo.

Resultados

Uma base de gestos de 30 usuários foi criada contendo gestos realizados com a intenção de inserir as letras de A a Z do alfabeto. Após a criação da base, ela foi utilizada para treinamento de um classificador *Naïve Bayes*. Assim, foi criado um aplicativo para o sistema Android que reconhece os gestos, identifica as letras e mostra até cinco letras com as maiores probabilidades.

É preciso lembrar que um objetivo específico deste trabalho é inserir uma letra com até duas interações, levando-se em conta para isso que uma interação pode ser a realização de um gesto ou a escolha de uma letra nas opções apresentadas.

Como o aplicativo é um protótipo, será admitido que, caso o usuário escolha a letra com maior probabilidade, haverá apenas as interações dos gestos. Contudo, caso seja selecionada outra letra, haverá mais uma interação. Pois, se o usuário escolher a letra de maior probabilidade, um aplicativo que utilizar a técnica pode trabalhar de diferentes formas para que a letra de maior probabilidade seja inserida sem que o usuário precise selecioná-la. No protótipo, entretanto, o usuário precisa selecionar a letra, já que a técnica está sendo testada ainda.

Se o usuário realizar um gesto e a letra for a de maior probabilidade, haverá apenas uma interação, a do gesto. Mas, se a letra não for a de maior probabilidade e estiver nas outras opções, serão duas interações, uma do gesto e outra da escolha da letra.

Caso o usuário realize um gesto e a letra não esteja nas opções fornecidas, ele poderá realizar um segundo gesto e, se a letra desejada for a primeira opção, serão apenas duas interações também. No entanto, se a letra não for a de maior probabilidade, haverá outra interação.

Para perceber isso, foram realizados três experimentos: no primeiro, foi exposto aos usuários o propósito de inserir uma letra com até duas interações. Já no segundo e no terceiro experimentos, esse propósito foi omitido, para que os usuários não fossem influenciados na hora de inserir as letras.

Nos dois primeiros experimentos, os usuários inseriram as cinco vogais (A, E, I, O e U) e as cinco consoantes mais frequentes da língua portuguesa (S, R, D, N e M).

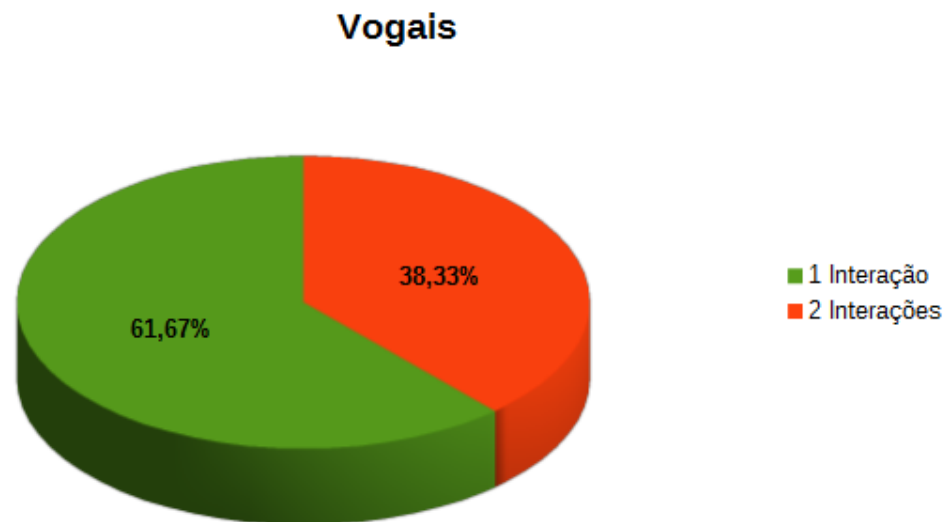


Figura 4.1: Gráfico com o percentual de interações realizadas para inserir as vogais do experimento 1.

No caso do terceiro experimento, os usuários inseriram as cinco vogais e as cinco letras menos frequentes da língua portuguesa (W, Y, K, X e J).

Para os testes, foi utilizado o aplicativo desenvolvido exibido na Figura 3.9. O aplicativo mostra aos usuários os gestos que podem ser realizados, contudo, os movimentos foram demonstrados também em um quadro.

4.1 Experimento 1

No experimento 1, o aplicativo foi testado com doze usuários que sabiam do propósito de inserir um gesto com até duas interações. As Figuras 4.1, 4.2 e 4.3 apresentam a quantidade de interações realizadas pelos usuários para inserir as vogais e consoantes.

É possível observar na Figura 4.1, que 100% dos usuários inseriram as vogais com até duas interações e que 61,67% utilizaram apenas uma interação para inserir as vogais, ou seja, a letra foi encontrada com apenas um gesto e foi a de maior probabilidade selecionada pelo classificador.

Na Figura 4.2, observa-se que 18,33% dos usuários utilizaram uma interação para inserir as consoantes e 70% utilizaram duas interações, totalizando assim 88,33% com até duas interações.

É possível verificar na Figura 4.3, que 94,17% dos usuários utilizaram até duas interações para inserir todas as letras do experimento. Isto demonstra que o sistema atinge

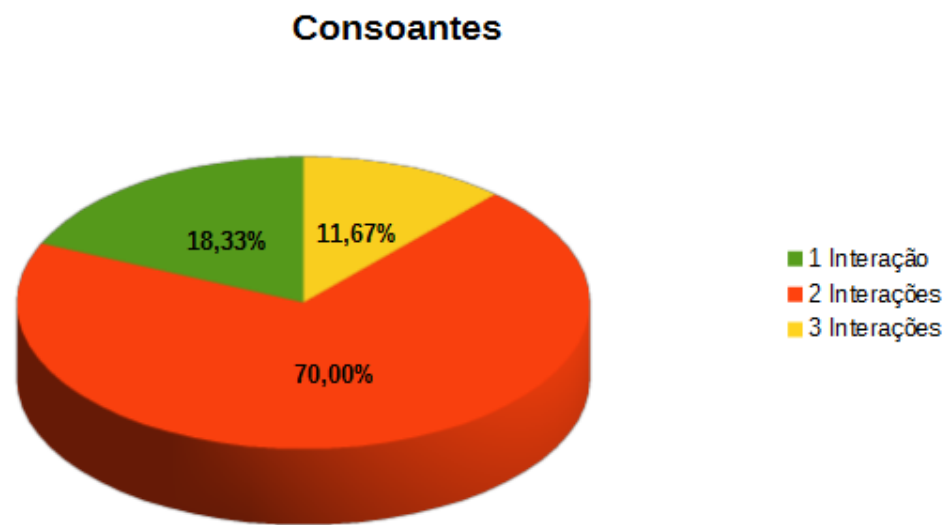


Figura 4.2: Gráfico com o percentual de interações realizadas para inserir as consoantes do experimento 1.



Figura 4.3: Gráfico com o percentual de interações realizadas para inserir todas as letras do experimento 1.

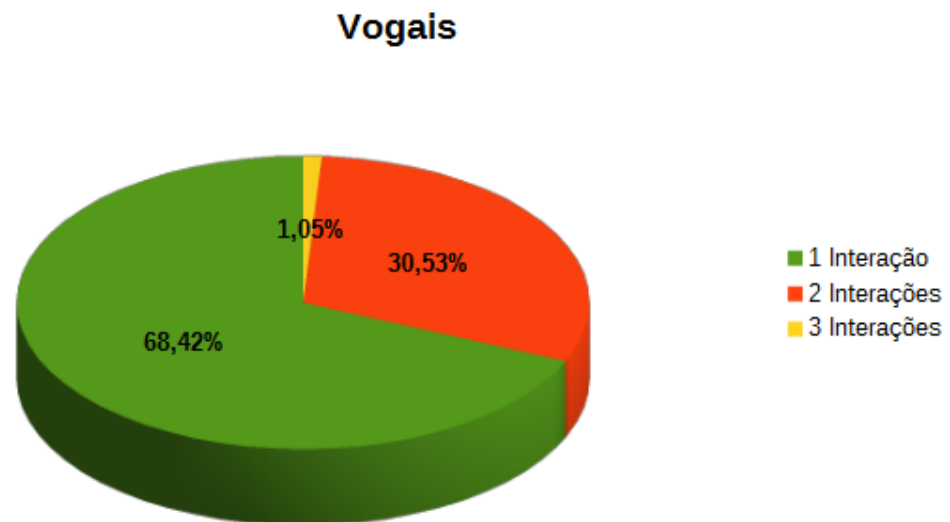


Figura 4.4: Gráfico com o percentual de interações realizadas para inserir as vogais do experimento 2.

o objetivo de inseri-las com até duas interações, além de ter mostrado que 40% dos usuários utilizaram apenas uma interação.

Dessa maneira, pode-se concluir que o resultado deste experimento foi satisfatório, uma vez que o intuito é inserir uma letra com, no máximo, duas interações. Objetivo esse que pode ser alcançado utilizando este modelo, o qual obteve eficiência de 94,17% entre os usuários que o utilizaram em duas interações para inserir uma letra dentre consoantes e vogais.

4.2 Experimento 2

Dezenove usuários testaram o método de inserção de letras com as cinco vogais e as cinco consoantes mais frequentes. Os participantes deste experimento não sabiam do objetivo de inserir uma letra com até duas interações.

Na Figura 4.4, observa-se que 68,42% dos usuários utilizaram uma interação para inserir as vogais e 30,53% duas interações, totalizando 98,95% com até duas interações para inserir as vogais.

Os valores para as consoantes são de 20% com uma interação e de 65,26% com duas interações, totalizando 85,26% com até duas interações, como pode ser visto na Figura 4.5.

Já na Figura 4.6., foi demonstrado que, em média, 44,21% dos usuários inseriram todas as letras com uma interação e 47,89% com duas interações, totalizando 92,10% de inserção com até duas interações.

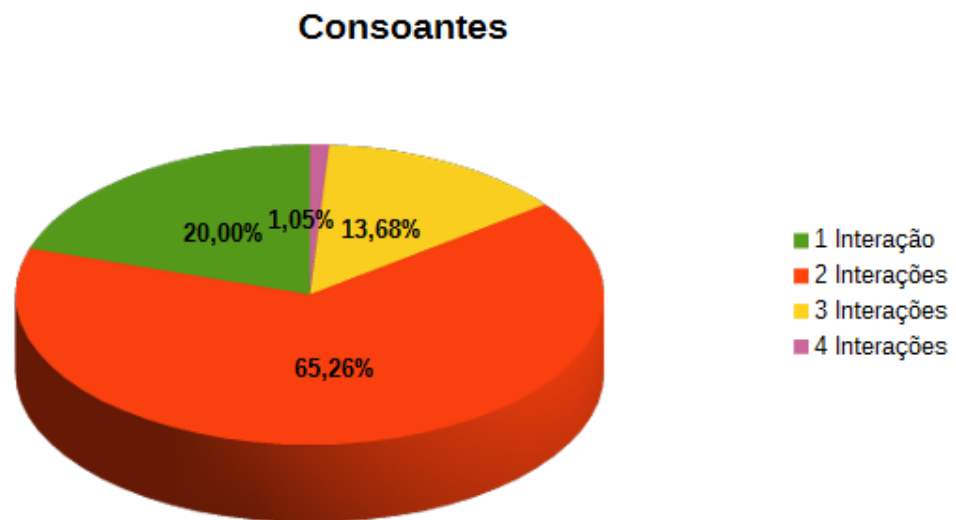


Figura 4.5: Gráfico com o percentual de interações realizadas para inserir as consoantes do experimento 2.

É possível verificar, portanto, que mesmo os usuários não sabendo do propósito de inserir uma letra com até duas interações, este objetivo foi atingido por 92,10% dos usuários que realizaram esse experimento.

4.3 Experimento 3

Dez usuários testaram, no terceiro experimento, o método proposto de inserção de letras com as cinco vogais e as cinco consoantes menos frequentes. Os participantes desse experimento não sabiam do objetivo de inserir uma letra com até duas interações.

Nos resultados presentes na Figura 4.7, observa-se que 60% dos usuários utilizaram uma interação para inserir as vogais e 40% duas interações, assim, todos os usuários alcançaram o objetivo de inserir as vogais com até duas interações.

Os valores para as consoantes são de 80% com duas interações e de 20% com três interações, atingindo, desta forma, 80% dos usuários o objetivo de inserir uma letra com até duas interações, como pode ser visto no gráfico da Figura 4.8.

A Figura 4.9 demonstra que, em média, 30% dos usuários inseriram todas as letras com uma interação e 60% com duas interações, totalizando 90% de inserção com até duas interações.

É possível verificar que, mesmo os usuários não sabendo do propósito de inserir uma letra com até duas interações e utilizando as consoantes menos frequentes, o objetivo foi atingido por 90% dos usuários que realizaram este experimento.

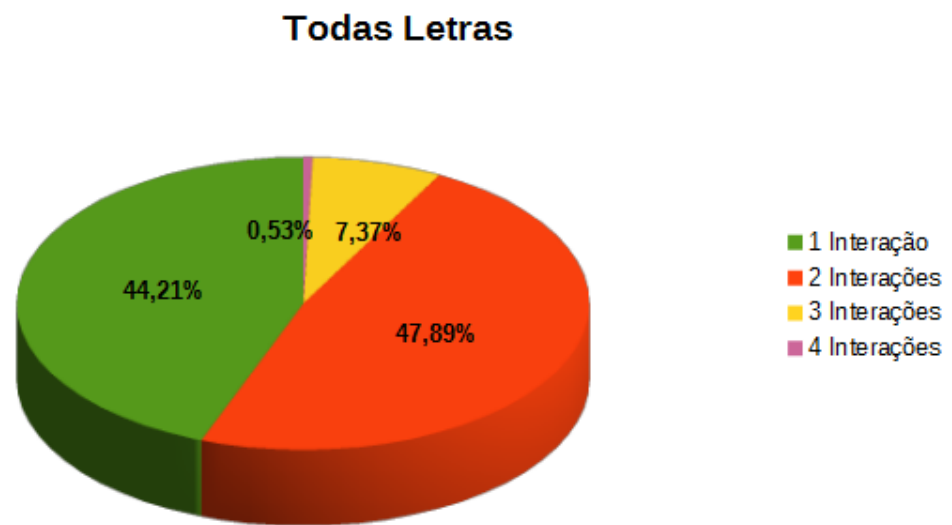


Figura 4.6: Gráfico com o percentual de interações realizadas para inserir todas as letras do experimento 2.

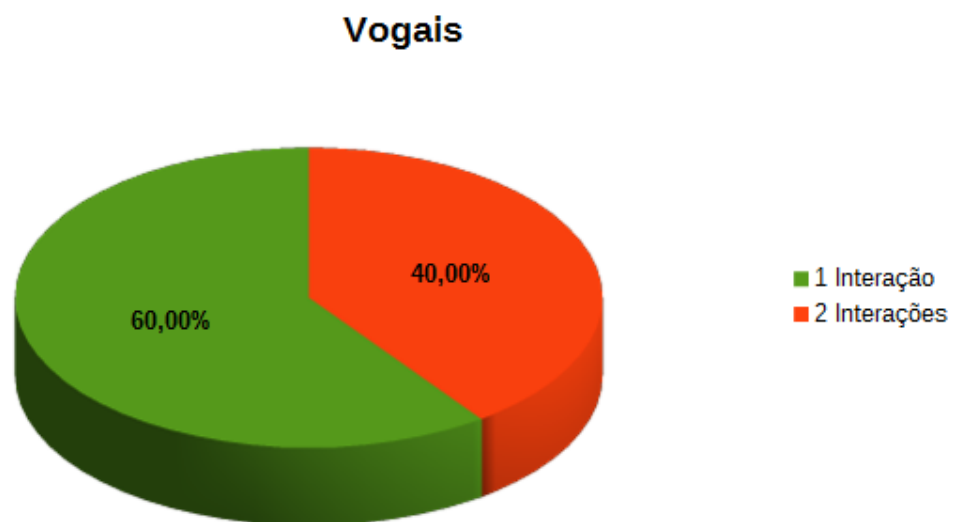


Figura 4.7: Gráfico com o percentual de interações realizadas para inserir as vogais do experimento 3.

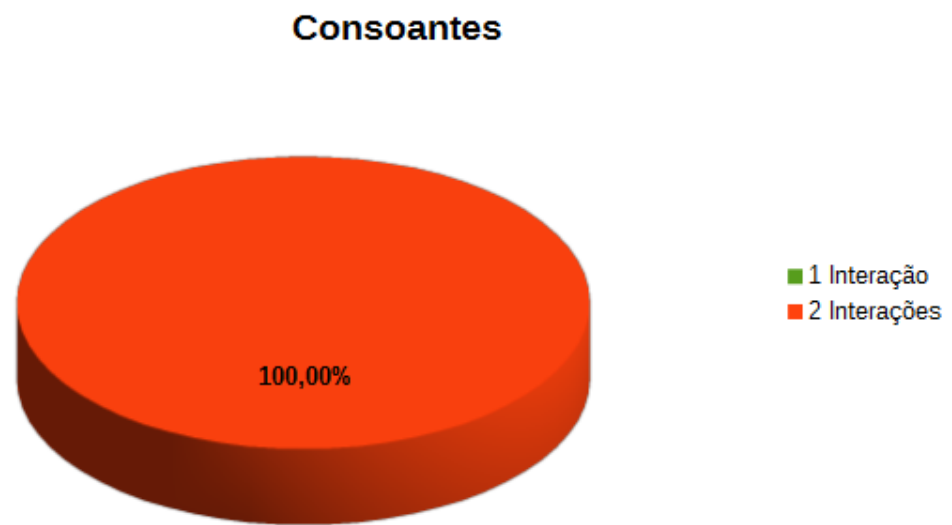


Figura 4.8: Gráfico com o percentual de interações realizadas para inserir as consoantes do experimento 3.



Figura 4.9: Gráfico com o percentual de interações realizadas para inserir todas as letras do experimento 3.

Todas Letras (Experimentos 1 e 2)

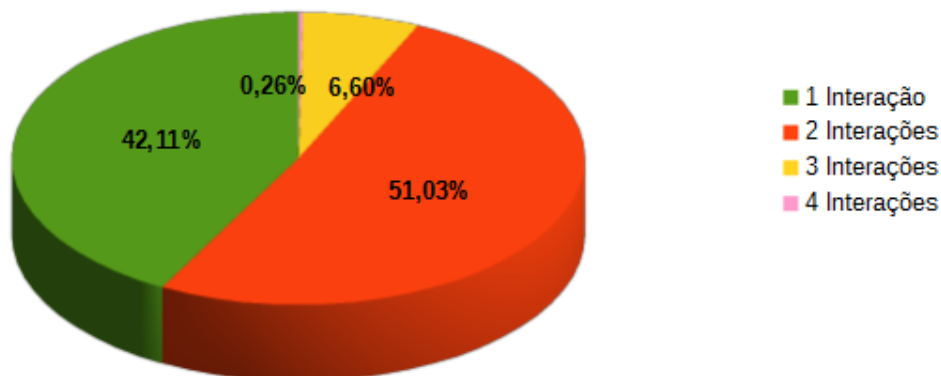


Figura 4.10: Gráfico com o percentual de interações utilizadas para inserir todas as letras nos experimentos 1 e 2.

4.4 Análise dos Testes

Observou-se que 94,17% dos usuários utilizaram até duas interações para inserir uma letra quando sabiam do objetivo do experimento, ao utilizar as cinco vogais e consoantes mais frequentes. Verificou-se também que 92,10% também utilizaram até duas interações para inserir uma letra, mesmo não sabendo do objetivo do experimento, por meio do uso das cinco vogais e das cinco consoantes mais frequentes. Por conseguinte, nos dois primeiros experimentos, a taxa de acerto foi superior a 92%, totalizando 93,14%, como pode ser visto na Figura 4.10.

Ao utilizar as cinco vogais e as cinco consoantes menos frequentes, constatou-se que a média de inserção da letra com até duas interações foi de 100%, com 70% de inserção com duas interações e 30% com apenas uma, como pode ser observado no gráfico da Figura 4.9.

Analisando os dados individuais, verificou-se que as letras que tiveram mais de duas interações para serem inseridas nos dois primeiros experimentos não são as mesmas. Isto pode ter acontecido por descuido dos usuários ou por não terem escolhido os gestos ideais para inserir as letras.

Reunindo os dados dos três experimentos que utilizaram as cinco vogais, letras mais frequentes e menos frequentes, a taxa de inserção com até duas interações é de 95,42%, como pode ser visto na Figura 4.11.

Percentual de Todos os Experimentos

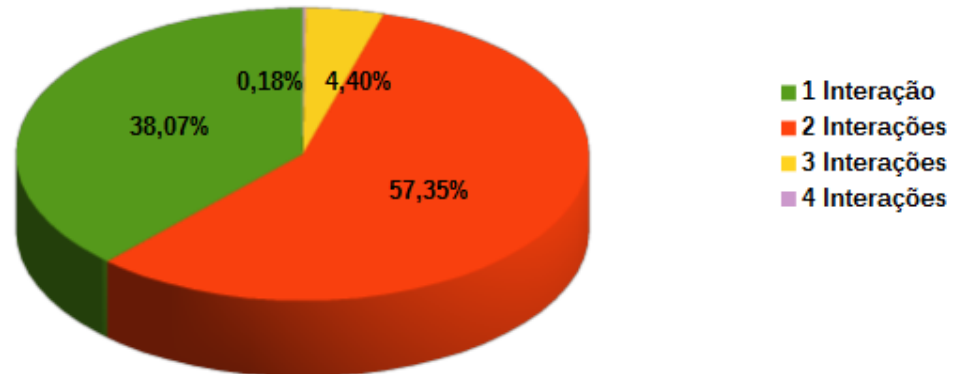


Figura 4.11: Gráfico com o percentual de interações utilizadas para inserir todas as letras nos experimentos 1, 2 e 3.

4.5 Teste de Usabilidade

Foi aplicado um questionário aos participantes do segundo e terceiro experimentos. O questionário possuía dez questões:

1. A técnica proposta é intuitiva (é fácil saber a funcionalidade de cada componente).
2. É fácil aprender a técnica utilizada, ou seja, foi fácil inserir as primeiras letras.
3. Depois do tempo de aprendizagem, foi fácil e rápido inserir letras após algumas já terem sido inseridas.
4. A técnica apresenta poucos erros de identificação de letras e gestos.
5. A técnica é agradável de ser utilizada em dispositivos com telas reduzidas.
6. O treinamento foi suficiente para utilizar a técnica proposta.
7. Foi fácil identificar a sequência de gestos para inserir a letra desejada.
8. A técnica apresenta-se confiável para a inserção de letras.
9. Foi agradável inserir os caracteres dessa forma.
10. Escreva o que achou do teste e opine sobre a técnica (você pode expressar o que sentiu ao utilizar a técnica).

As questões de 1 a 9 foram respondidas com uma das seguintes opções:

- Concordo totalmente
- Concordo
- Neutro

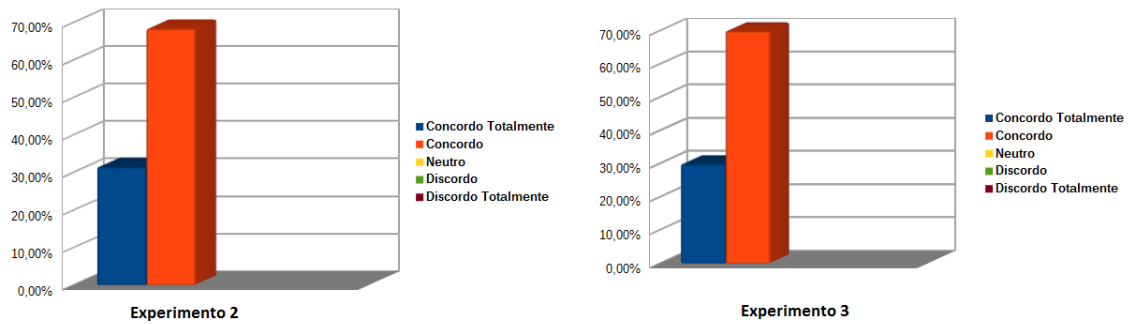


Figura 4.12: Gráfico com percentual de respostas dos usuários para a questão número 1.

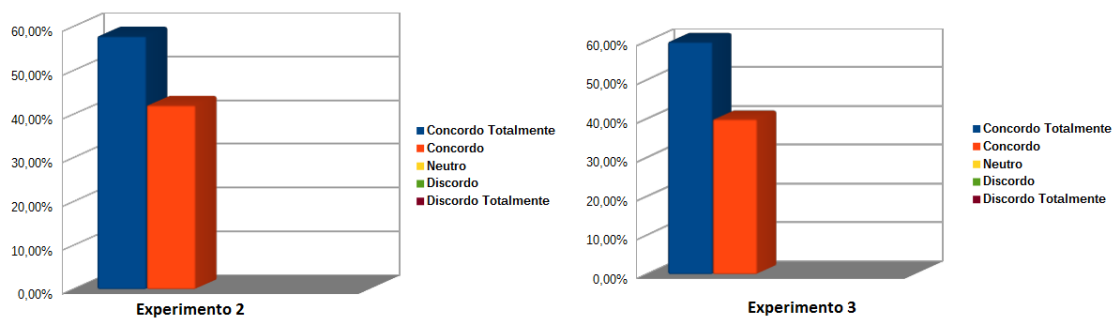


Figura 4.13: Gráfico com percentual de respostas dos usuários para a questão número 2.

- Discordo
- Discordo totalmente

Como a questão 10 foi aberta aos participantes, eles puderam dizer o que acharam do teste, do método proposto, do aplicativo desenvolvido para o teste ou qualquer outra informação que achassem importante.

A Figura 4.12 apresenta o percentual de respostas dos usuários para a primeira questão: A técnica proposta é intuitiva (é fácil saber a funcionalidade de cada componente), cujo resultado foi de 100% entre os usuários, pois escolheram as opções concordo totalmente ou concordo, ou seja, acharam a proposta intuitiva.

Na segunda questão, a maioria dos usuários dos dois experimentos marcou a opção concordo totalmente, o que demonstra que todos eles concordaram com a afirmação, já que o restante dos participantes marcou a opção concordo. Assim, pode-se assumir que a técnica é de fácil aprendizado e que a adaptação dos usuários é rápida. A Figura 4.13 demonstra o percentual de respostas dos usuários nos dois experimentos.

Para a terceira questão, a maioria dos usuários marcou as opções concordo totalmente ou concordo, e, assim, é possível identificar que foi rápido e fácil inserir letras utilizando a técnica proposta, como pode ser visto na Figura 4.14, que apresenta o gráfico do percentual de respostas dos dois experimentos para esta questão. É importante que a

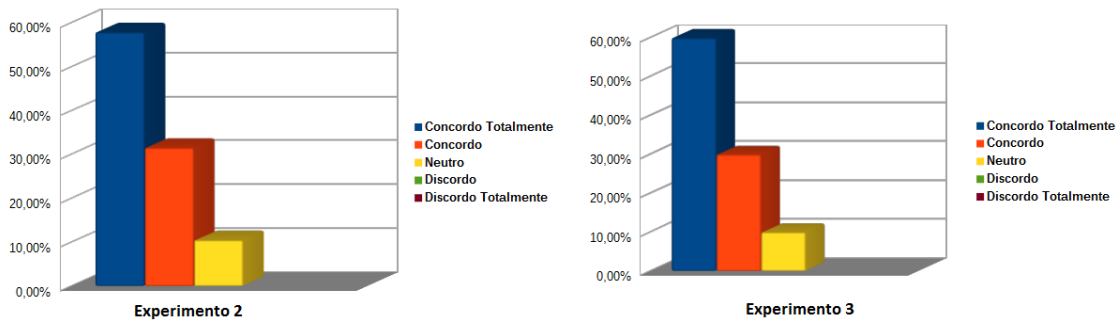


Figura 4.14: Gráfico com percentual de respostas dos usuários para a questão número 3.

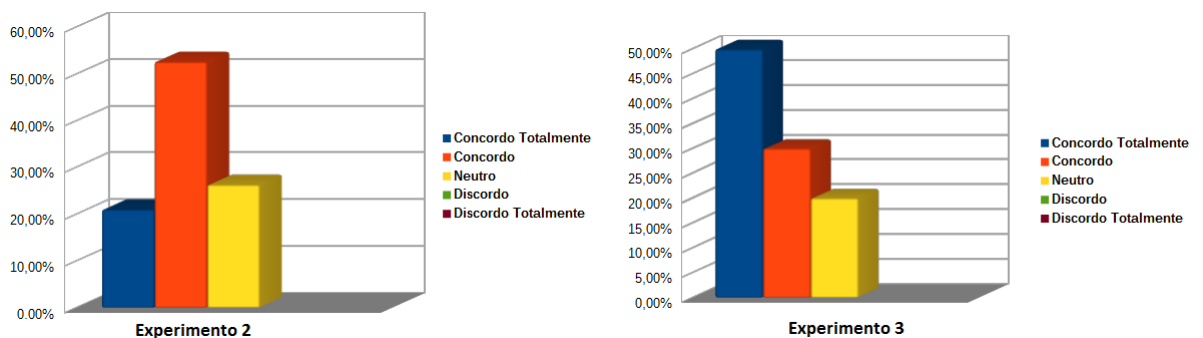


Figura 4.15: Gráfico com percentual de respostas dos usuários para a questão número 4.

inserção das letras seja rápida para que a técnica possa ser utilizada em aplicativos que permitam a entrada de texto.

Na quarta questão, foi verificado se a técnica apresenta poucos erros na identificação das letras, sendo que a maioria dos usuários concordou, 26,32% dos usuários do segundo experimento marcaram a opção neutro e 20% dos usuários do terceiro experimento também marcaram a opção neutro. Assim, verifica-se que os erros apresentados podem ser melhorados, mas que o nível em que a técnica está é suficiente para inserção de letras. O gráfico da Figura 4.15 apresenta esses dados.

A questão de número cinco verificou se a técnica é agradável de ser utilizada: a maioria dos usuários concordou, e, destes, a maioria marcou a opção concordo totalmente ou concordo. A Figura 4.16 mostra o gráfico com percentual dessas respostas dos usuários.

O intuito da sexta questão foi verificar se o treinamento oferecido aos usuários foi suficiente para que utilizassem o aplicativo, como pode ser visto na Figura 4.17: quase todos os usuários concordaram com a afirmação. O treinamento oferecido aos usuários foi rápido, com duração entre cinco a dez minutos, e teve como propósito mostrar o funcionamento da técnica e do protótipo desenvolvido.

A questão de número sete identifica se os usuários conseguiram reconhecer a sequência de gestos para inserir as letras com facilidade. Todos os usuários concordaram

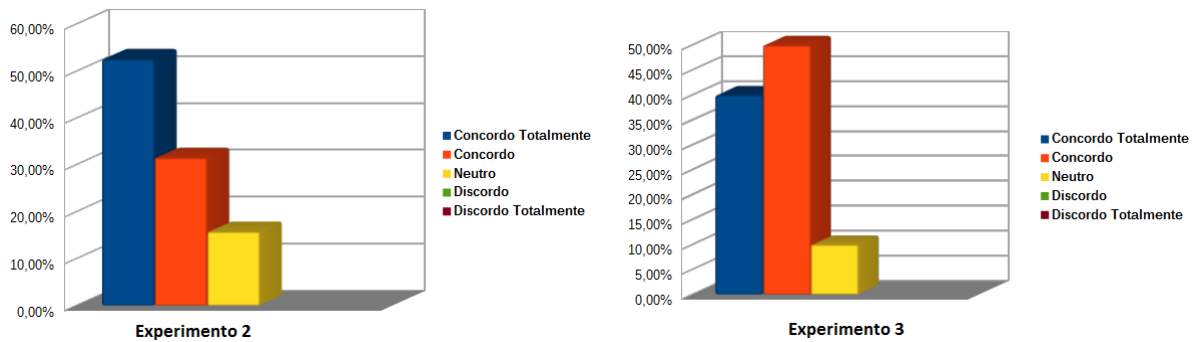


Figura 4.16: Gráfico com percentual de respostas dos usuários para a questão número 5.

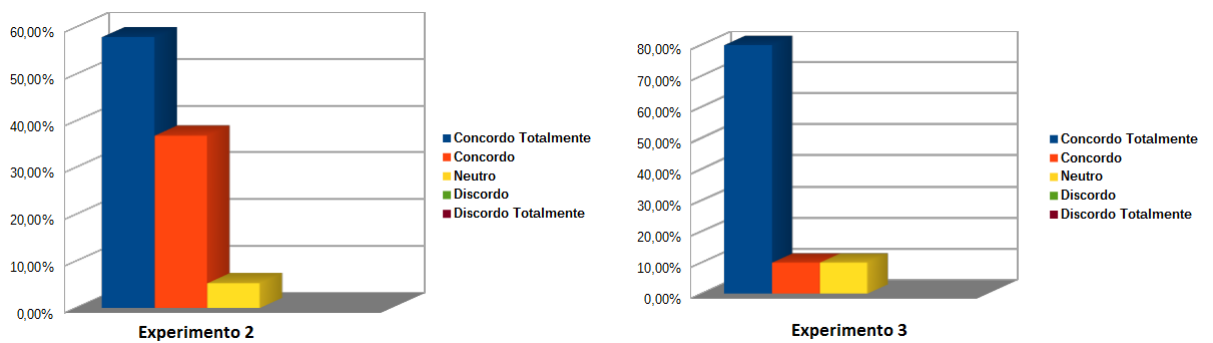


Figura 4.17: Gráfico com percentual de respostas dos usuários para a questão número 6.

que foi fácil identificar a sequência de gestos para inserir cada letra, ou seja, eles conseguiram dividir uma letra em partes menores para inseri-la utilizando os gestos do template. A Figura 4.18 mostra esses dados.

Na oitava questão, a qual se refere à confiabilidade do método proposto aos usuários e conforme o apresentado no gráfico da Figura 4.19, todos os usuários concordaram que a técnica parece ser confiável para a inserção de letras. Este ponto foi muito importante, pois os usuários devem confiar em uma técnica ou aplicativo para poderem utilizá-los.

A questão nove verifica se os usuários acharam agradável inserir as letras. A maioria achou agradável, como pode ser visto na Figura 4.20. Entretanto, 25% dos usuários do segundo experimento e 30% do terceiro tiveram posicionamento neutro, o que significa que, mesmo não achando agradável, também não acharam o modo de inserção de letras desagradável. Achar uma técnica agradável é tão importante quanto considerá-la ser confiável, pois, um usuário deve-se sentir bem ao utilizá-la.

Apenas alguns usuários do segundo experimento responderam a questão 10 e as respostas foram:

- Na letra S confundi um pouco.

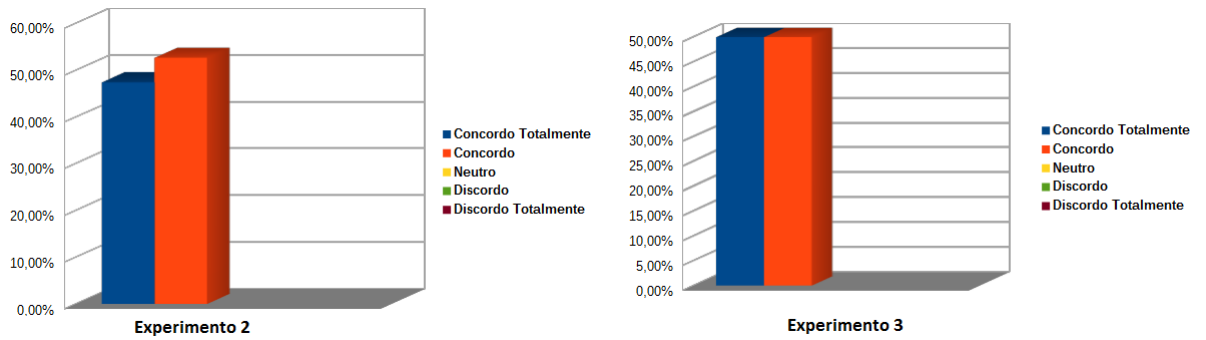


Figura 4.18: Gráfico com percentual de respostas dos usuários para a questão número 7.

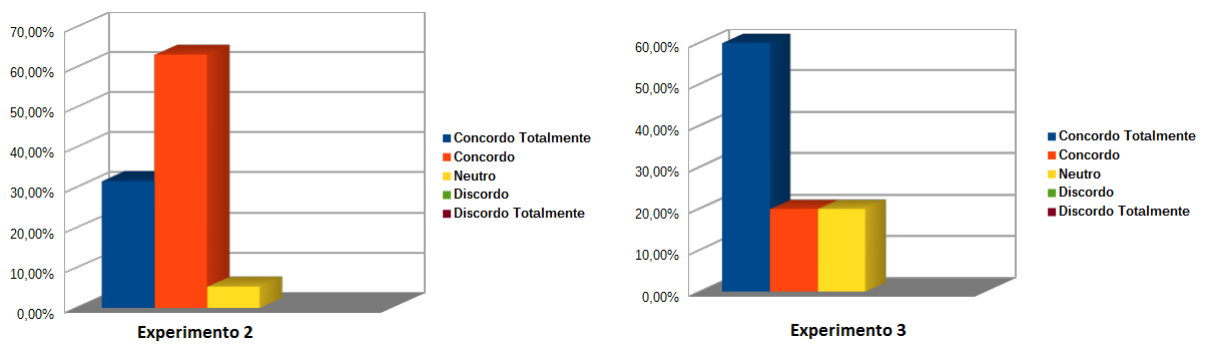


Figura 4.19: Gráfico com percentual de respostas dos usuários para a questão número 8.

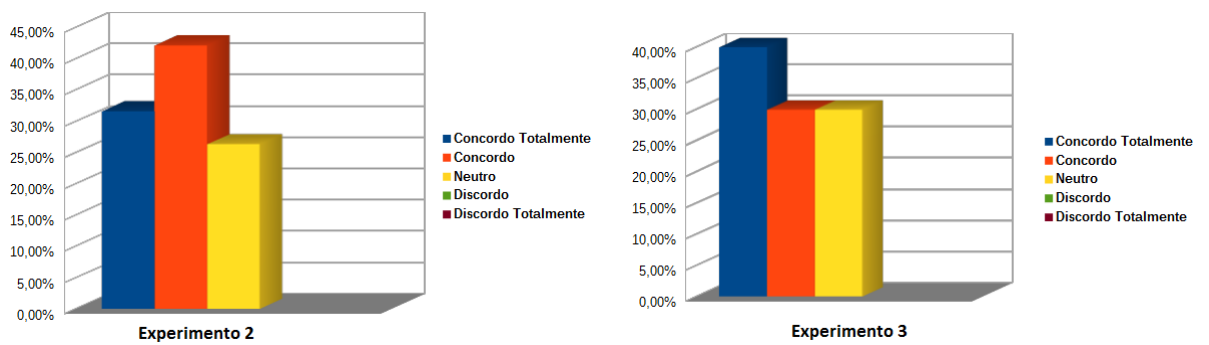


Figura 4.20: Gráfico com percentual de respostas dos usuários para a questão número 9.

- Seria interessante ter gestos contínuos, como por exemplo, o da letra *S*, com apenas um gesto.
- Não consegui ver a inserção de números, também seria interessante.

Contudo, é preciso ressaltar que o intuito deste trabalho é a inserção de letras baseada em gestos, não o de utilizar a letra inteira. Além disso, a inserção de números poderá ser objeto de um trabalho a ser realizado posteriormente.

Pode-se concluir, ao observar as respostas do questionário, que a maioria dos usuários escolheu a opção concordo, ou concordo totalmente, em todas as questões. Já nas questões de número 1, 4, 7, 8 e 9, os usuários escolheram a opção concordo, enquanto que, nas outras questões, a maioria dos usuários escolheu a opção concordo totalmente, ou seja, concordaram com todas as afirmações das questões nos dois experimentos.

Deve-se salientar também que o questionário foi aplicado aos usuários dos experimentos 2 e 3, sendo que os usuários inseriram as cinco vogais e as cinco consoantes mais frequentes no Experimento 2 e as cinco vogais e cinco consoantes menos frequentes no Experimento 3. Contudo, pode-se notar que o resultado do teste foi similar para ambos os experimentos. Assim, há evidências de que o método desenvolvido é eficiente, pois foi testado com as letras mais frequentes e menos frequentes da língua portuguesa e obteve resultados semelhantes entre os dois tipos de caracteres.

Conclusões e Trabalhos Futuros

O objetivo geral do trabalho foi desenvolver um método para entrada de texto baseado em gestos nas telas sensíveis ao toque, estabelecendo, para isso, os seguintes objetivos específicos: reconhecer gestos, identificar gestos necessários para inserir letras e reconhecer letras com até dois toques na tela.

Utilizando o algoritmo de reconhecimento incremental, foi criado um template com retas e curvas capazes de serem reconhecidos pelo método. Após esta etapa, foi realizado um teste com 30 usuários, que inseriram todas as letras do alfabeto utilizando os gestos do template criado, e, desta forma, criou-se uma base com gestos necessários para inserir as letras.

Essa base criada foi utilizada para treinar um classificador *Naïve Bayes*, que foi utilizado para identificar a letra a ser inserida. Nesse sentido, foi desenvolvido um aplicativo que utiliza o algoritmo de reconhecimento incremental para reconhecer gestos e, posteriormente, trabalhar com o classificador *Naïve Bayes* para identificar as letras, tendo como intuito ser possível inserir uma letra com até duas interações.

O método foi testado por usuários em três experimentos, sendo que nestes é possível observar que os resultados foram satisfatórios, pois, 94,17% dos usuários inseriram as letras com apenas duas interações no primeiro experimento e, no segundo, a média de interação foi de 92,10%.

Os dois primeiros experimentos utilizaram as cinco vogais e as cinco consoantes mais frequentes e o terceiro experimento utilizou as cinco vogais e as cinco consoantes menos frequentes, sendo que a média de inserção com até duas interações foi de 100%. Dessa forma, é possível afirmar que o objetivo de desenvolver um método que permite o reconhecimento de letras utilizando até duas interações foi atingido, pois, como demonstra a Figura 4.11, a média de inserção de todos os experimentos foi de 95,46 %.

Pode-se dizer ainda que este trabalho contribuiu no sentido de desenvolver um template com curvas para o algoritmo de reconhecimento incremental, além de criar um método para entrada de texto baseada em gestos para dispositivos com telas sensíveis ao toque e realizar um estudo de usabilidade do método desenvolvido.

Para os trabalhos futuros, pretende-se utilizar o método desenvolvido com a previsão de palavras e frases. Recomenda-se também a utilização de frequência de letras em vários idiomas para que seja possível utilizar o modelo desenvolvido em diversos países.

Outro objetivo futuro pode ser o de criar uma técnica para utilizar o método na inserção de caracteres especiais e números.

Espera-se, ainda, com o futuro desenvolvimento da pesquisa, ser possível inserir texto em dispositivos com telas de tamanho reduzido, como *smartwatches*, de uma maneira mais eficiente e rápida, já que realizar dois gestos em uma tela pequena apresenta-se mais fácil que procurar caracteres em um teclado virtual ou desenhar um caractere completo. Assim, seria recomendável a criação de uma proposta de layout para entrada de texto em *smartwatches*.

A realização de um estudo com telas de tamanhos diferentes, para que seja possível identificar em quais dispositivos o método pode ser mais bem aplicado, também parece ser um caminho recomendável e possível para a continuidade deste aplicativo proposto neste trabalho.

Referências Bibliográficas

- [1] BAHLMANN, C.; BURKHARDT, H. **The writer independent online handwriting recognition system frog on hand and cluster generative statistical dynamic time warping.** *Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on*, 26(3):299–310, March 2004.
- [2] BERNAERTS, Y.; DRUWÉ, M.; STEENSELS, S.; VERMEULEN, J.; SCHÖNING, J. **The office smartwatch: Development and design of a smartwatch app to digitally augment interactions in an office environment.** In: *Proceedings of the 2014 Companion Publication on Designing Interactive Systems, DIS Companion '14*, p. 41–44, New York, NY, USA, 2014. ACM.
- [3] BIEBER, G.; HAESCHER, M.; VAHL, M. **Sensor requirements for activity recognition on smart watches.** In: *Proceedings of the 6th International Conference on Pervasive Technologies Related to Assistive Environments, PETRA '13*, p. 67:1–67:6, New York, NY, USA, 2013. ACM.
- [4] BIEBER, G.; KIRSTE, T.; URBAN, B. **Ambient interaction by smart watches.** In: *Proceedings of the 5th International Conference on Pervasive Technologies Related to Assistive Environments, PETRA '12*, p. 39:1–39:6, New York, NY, USA, 2012. ACM.
- [5] CHEN, L.; WANG, S. **Automated feature weighting in naive bayes for high-dimensional data classification.** In: *Proceedings of the 21st ACM International Conference on Information and Knowledge Management, CIKM '12*, p. 1243–1252, New York, NY, USA, 2012. ACM.
- [6] CONDOOR, S. **Importance of teaching the history of technology.** In: *Frontiers in Education, 2004. FIE 2004. 34th Annual*, p. T2G/7–T2G/10 Vol. 1, Oct 2004.
- [7] CORREA, S. M. B. B. **Probabilidade e Estatística 2ª Edição.** 2003, 2003.
- [8] CUI, B.; XUE, T. **Design and realization of an intelligent access control system based on voice recognition.** In: *Computing, Communication, Control, and Management, 2009. CCCM 2009. ISECS International Colloquium on*, volume 1, p. 229–232, Aug 2009.

- [9] DHARMASIRI, C.; JAYENDRANATH, R.; ARIYARATHNA, A.; PERERA, P.; WEERAWARANA, S. **Web browsers on smart mobile devices: A gap analysis on the state of the art.** In: *Advances in ICT for Emerging Regions (ICTer), 2013 International Conference on*, p. 75–79, Dec 2013.
- [10] DUNLOP, M.; LEVINE, J. **Multidimensional pareto optimization of touchscreen keyboards for speed, familiarity and improved spell checking.** In: *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '12, p. 2669–2678, New York, NY, USA, 2012. ACM.
- [11] DUNLOP, M. D.; KOMNINOS, A.; DURGA, N. **Towards high quality text entry on smartwatches.** In: *CHI '14 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, CHI EA '14, p. 2365–2370, New York, NY, USA, 2014. ACM.
- [12] DUNLOP, M. D.; MONTGOMERY MASTERS, M. **Investigating five key predictive text entry with combined distance and keystroke modelling.** *Personal Ubiquitous Comput.*, 12(8):589–598, Nov. 2008.
- [13] EVANS, J.; TJOLAND, W.; ALLRED, L. **Achieving a hands-free computer interface using voice recognition and speech synthesis [for ate].** In: *AUTOTESTCON '99. IEEE Systems Readiness Technology Conference, 1999. IEEE*, p. 105–107, 1999.
- [14] FLEKSY. **Fleksy announces our first-ever oem partnership and launches on samsung's new gear s smartwatch!**, Setembro 2014.
- [15] FUNK, M.; SAHAMI, A.; HENZE, N.; SCHMIDT, A. **Using a touch-sensitive wristband for text entry on smart watches.** In: *CHI '14 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, CHI EA '14, p. 2305–2310, New York, NY, USA, 2014. ACM.
- [16] GELORMINI, D.; BISHOP, B. **Optimizing the android virtual keyboard: A study of user experience.** In: *Multimedia and Expo Workshops (ICMEW), 2013 IEEE International Conference on*, p. 1–4, July 2013.
- [17] GOLDBERG, D.; RICHARDSON, C. **Touch-typing with a stylus.** In: *Proceedings of the INTERACT '93 and CHI '93 Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '93, p. 80–87, New York, NY, USA, 1993. ACM.
- [18] GOOGLE. **Google gesture search**, Janeiro 2015.
- [19] GOOGLE. **Google handwriting input**, Maio 2015.

- [20] GUPTA, A.; SRIVASTAVA, M.; MAHANTA, C. **Offline handwritten character recognition using neural network**. In: *Computer Applications and Industrial Electronics (ICCAIE), 2011 IEEE International Conference on*, p. 102–107, Dec 2011.
- [21] HALL, I. H. W. E. F. M. A. **Data Mining Practical Machine Learning Tools and Techniques Third Edition**. Burlington, 2011.
- [22] HOHNE, J.; SCHREUDER, M.; BLANKERTZ, B.; TANGERMANN, M. **Two-dimensional auditory p300 speller with predictive text system**. In: *Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), 2010 Annual International Conference of the IEEE*, p. 4185–4188, Aug 2010.
- [23] JAIN, S.; BHATTACHARYA, S. **Virtual keyboard layout optimization**. In: *Students' Technology Symposium (TechSym), 2010 IEEE*, p. 312–317, April 2010.
- [24] KANE, S. K.; WOBROCK, J. O.; SMITH, I. E. **Getting off the treadmill: Evaluating walking user interfaces for mobile devices in public spaces**. In: *Proceedings of the 10th International Conference on Human Computer Interaction with Mobile Devices and Services, MobileHCI '08*, p. 109–118, New York, NY, USA, 2008. ACM.
- [25] KAY, N. M. **Rerun the tape of history and {QWERTY} always wins**. *Research Policy*, 42(6 - 7):1175 – 1185, 2013.
- [26] KO, S.; KIM, K.; KULKARNI, T.; ELMQVIST, N. **Applying mobile device soft keyboards to collaborative multitouch tabletop displays: Design and evaluation**. In: *Proceedings of the ACM International Conference on Interactive Tabletops and Surfaces, ITS '11*, p. 130–139, New York, NY, USA, 2011. ACM.
- [27] KÖLTRINGER, T.; GRECHENIG, T. **Comparing the immediate usability of graffiti 2 and virtual keyboard**. In: *CHI '04 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems, CHI EA '04*, p. 1175–1178, New York, NY, USA, 2004. ACM.
- [28] KOMATSU, H.; TAKABAYASHI, S.; MASUI, T. **Corpus-based predictive text input**. In: *Active Media Technology, 2005. (AMT 2005). Proceedings of the 2005 International Conference on*, p. 75–80, May 2005.
- [29] KRISTENSSON, P.; DENBY, L. **Continuous recognition and visualization of pen strokes and touch-screen gestures**. *EUROGRAPHICS Symposium on Sketch-Based Interfaces and Modeling*, 2011.
- [30] LI, X.; ORTIZ, P.; BROWNE, J.; FRANKLIN, D.; OLIVER, J.; GEYER, R.; ZHOU, Y.; CHONG, F. **Smartphone evolution and reuse: Establishing a more sustainable**

- model.** In: *Parallel Processing Workshops (ICPPW), 2010 39th International Conference on*, p. 476–484, Sept 2010.
- [31] LITTLE, J. **Impact of the ascii code and printing devices on conventions for alphanumeric display terminals: Part 1.** *Communications Society*, 10(1):7–10, March 1973.
- [32] MAJARANTA, P.; RÄIHÄ, K.-J. **Text entry by gaze: Utilizing eye tracking.** In: MacKenzie, S.; Tanaka-Ishi, K., editors, *Text Entry Systems: Mobility, Accessibility, Universality*, p. 139–158. MORGAN KAUFMANN PUBLISHERS, San Francisco, 2007.
- [33] MARKS, R. H.; METZNER, A. **Typewriter composition cuts journal costs, speeds publication.** *Professional Communication, IEEE Transactions on*, PC-16(3):73–79, Sept 1973.
- [34] MATSUNAGA, S.; OGAWA, A.; YAMAGUCHI, Y.; IMAMURA, A. **Non-native english speech recognition using bilingual english lexicon and acoustic models.** In: *Multimedia and Expo, 2003. ICME '03. Proceedings. 2003 International Conference on*, volume 3, p. III-625–8 vol.3, July 2003.
- [35] MICROSOFT. **The analog keyboard project**, maio 2014.
- [36] MINUUM. **Minuum on puls**, oct 2014.
- [37] MIYAO, H.; MARUYAMA, M. **Writer adaptation for online handwriting recognition system using virtual examples.** In: *Document Analysis and Recognition, 2009. ICDAR '09. 10th International Conference on*, p. 1156–1160, July 2009.
- [38] NAVARRO, A.; ALLEN, C. **Towards a writer-dependent hand-written character recogniser.** In: *Image Processing, 1996. Proceedings., International Conference on*, volume 1, p. 189–192 vol.2, Sep 1996.
- [39] OAKLEY, I.; LEE, D. **Interaction on the edge: Offset sensing for small devices.** In: *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI '14*, p. 169–178, New York, NY, USA, 2014. ACM.
- [40] ONEY, S.; HARRISON, C.; OGAN, A.; WIESE, J. **Zoomboard: A diminutive qwerty soft keyboard using iterative zooming for ultra-small devices.** In: *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI '13*, p. 2799–2802, New York, NY, USA, 2013. ACM.

- [41] OUDOT, L.; PREVOST, L.; MILGRAM, M. **Dynamic recognition in the omni-writer frame: Application to hand-printed text recognition.** In: *Document Analysis and Recognition, 2001. Proceedings. Sixth International Conference on*, p. 1035–1039, 2001.
- [42] PALAZZI, C. E.; MAGGIORINI, D. **From playgrounds to smartphones: Mobile evolution of a kids game.** In: *Consumer Communications and Networking Conference (CCNC), 2011 IEEE*, p. 182–186, Jan 2011.
- [43] POLACEK, O.; SPORKA, A.; BUTLER, B. **Improving the methodology of text entry experiments.** In: *Cognitive Infocommunications (CogInfoCom), 2013 IEEE 4th International Conference on*, p. 155–160, Dec 2013.
- [44] PORZI, L.; MESSELODI, S.; MODENA, C. M.; RICCI, E. **A smart watch-based gesture recognition system for assisting people with visual impairments.** In: *Proceedings of the 3rd ACM International Workshop on Interactive Multimedia on Mobile & Portable Devices, IMMPPD '13*, p. 19–24, New York, NY, USA, 2013. ACM.
- [45] READ, J. C. **Text input for the elderly and the young.** In: MacKenzie, S.; Tanaka-Ishi, K., editors, *Text Entry Systems: Mobility, Accessibility, Universality*, p. 3–25. MORGAN KAUFMANN PUBLISHERS, San Francisco, 2007.
- [46] REJHON, M.; VOGLER, C.; WILLIAMS, N.; HELLSTRÖM, G. **Standardization of real-time text in instant messaging.** In: *Proceedings of the 15th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility, ASSETS '13*, p. 66:1–66:2, New York, NY, USA, 2013. ACM.
- [47] SEYFF, N.; OLLMANN, G.; BORTENSCHLAGER, M. **Appecho: A user-driven, in situ feedback approach for mobile platforms and applications.** In: *Proceedings of the 1st International Conference on Mobile Software Engineering and Systems, MOBILESoft 2014*, p. 99–108, New York, NY, USA, 2014. ACM.
- [48] SILFVERBERG, M. **Historical overview of consumer text entry technologies.** In: MacKenzie, S.; Tanaka-Ishi, K., editors, *Text Entry Systems: Mobility, Accessibility, Universality*, p. 3–25. MORGAN KAUFMANN PUBLISHERS, San Francisco, 2007.
- [49] TAHERI, S.; MAMMADOV, M.; BAGIROV, A. M. **Improving naive bayes classifier using conditional probabilities.** In: *Proceedings of the Ninth Australasian Data Mining Conference - Volume 121, AusDM '11*, p. 63–68, Darlinghurst, Australia, Australia, 2011. Australian Computer Society, Inc.

- [50] TAPPERT, C. C.; CHA, S.-H. **English language handwriting recognition interfaces**. In: MacKenzie, S.; Tanaka-Ishi, K., editors, *Text Entry Systems: Mobility, Accessibility, Universality*, p. 139–158. MORGAN KAUFMANN PUBLISHERS, San Francisco, 2007.
- [51] VERTANEN, K.; KRISTENSSON, P. O. **Complementing text entry evaluations with a composition task**. *ACM Trans. Comput.-Hum. Interact.*, 21(2):8:1–8:33, Feb. 2014.
- [52] WALLICH, P. **A typewriter is a terrible thing to waste [hands on]**. *Spectrum, IEEE*, 48(3):22–23, March 2011.
- [53] WEAVER, K. A.; YANG, H.; ZHAI, S.; PIERCE, J. **Understanding information preview in mobile email processing**. In: *Proceedings of the 13th International Conference on Human Computer Interaction with Mobile Devices and Services, MobileHCI '11*, p. 303–312, New York, NY, USA, 2011. ACM.
- [54] WENNDT, S.; MITCHELL, R. **Machine recognition vs human recognition of voices**. In: *Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP), 2012 IEEE International Conference on*, p. 4245–4248, March 2012.
- [55] WOELLMER, M.; KAISER, M.; EYBEN, F.; WENINGER, F.; SCHULLER, B.; RIGOLL, G. **Fully automatic audiovisual emotion recognition: Voice, words, and the face**. In: *Speech Communication; 10. ITG Symposium; Proceedings of*, p. 1–4, Sept 2012.
- [56] XIANG, X.; ZHAOHUI, L. **Overall scheme and structural design of bolts automatic typewriter**. In: *Digital Manufacturing and Automation (ICDMA), 2011 Second International Conference on*, p. 837–839, Aug 2011.
- [57] XIAO, R.; LAPUT, G.; HARRISON, C. **Expanding the input expressivity of smartwatches with mechanical pan, twist, tilt and click**. In: *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI '14*, p. 193–196, New York, NY, USA, 2014. ACM.
- [58] YUAN, A.; BAI, G.; YANG, P.; GUO, Y.; ZHAO, X. **Handwritten english word recognition based on convolutional neural networks**. In: *Frontiers in Handwriting Recognition (ICFHR), 2012 International Conference on*, p. 207–212, Sept 2012.
- [59] ZAIDI, N. A.; CERQUIDES, J.; CARMAN, M. J.; WEBB, G. I. **Alleviating naive bayes attribute independence assumption by attribute weighting**. *J. Mach. Learn. Res.*, 14(1):1947–1988, Jan. 2013.
- [60] ZHAI, S.; KRISTENSSON, P. O. **Introduction to shape writing**. In: MacKenzie, S.; Tanaka-Ishi, K., editors, *Text Entry Systems: Mobility, Accessibility, Universality*, p. 139–158. MORGAN KAUFMANN PUBLISHERS, San Francisco, 2007.