Programação de Linguagens

Instituto Politécnico do Cávado e do Ave
Escola Superior de Tecnologia
Licenciatura Engenharia de Sistemas Informáticos
Ano Letivo: 2023/2024

Relatório
Trabalho Prático

Diogo Manuel Marques – 23000

Joana Freitas Pimenta – 22999

Ludgero Miguel Simões – 23135

Índice

Introdução

No presente relatório, aborda-se o trabalho prático realizado em contexto da unidade curricular de Processamento de Linguagens, no qual propõem-se explorar a implementação de reconhecedores de linguagens regulares. O foco reside na aplicação dos algoritmos e estruturas de dados discutidos ao longo das aulas, com especial destaque para a linguagem de programação Python, conforme exemplificado durante a UC.

Como objetivos deste trabalho, primeiramente, pretende-se demonstrar a relevância das expressões regulares no processamento de linguagens. Em seguida, busca-se definir expressões regulares para o reconhecimento de elementos simples e implementar analisadores baseados em autômatos finitos deterministas. Além disso, visa-se compreender o processo de desenvolvimento de ferramentas reconhecedoras de expressões regulares, bem como a implementação e adaptação de autômatos finitos, seja determinista ou não determinista.

Ao longo deste relatório, detalhar-se-á cada etapa do desenvolvimento, desde a representação dos autômatos em formato JSON até a implementação das regras de conversão entre expressões regulares, autômatos finitos não deterministas e deterministas.

Segue-se uma análise detalhada das etapas dos trabalhos práticos, desde a representação das expressões regulares até a implementação dos algoritmos de conversão entre diferentes tipos de autômatos finitos.

Desenvolvimento

Autómatos Finitos Deterministas

Começou-se por projetar um script, executado a partir da linha de comando, recebendo argumentos específicos para realizar operações como reconhecimento de palavras em um autômato ou geração de gráficos utilizando Graphviz.

Inicialmente, o script verifica os argumentos passados pela linha de comando, procurando pelas opções '-help', para exibir informações sobre como utilizar o script, '-rec', para especificar uma palavra a ser reconhecida pelo autômato, '-graphviz', para gerar um diagrama do autômato utilizando Graphviz.

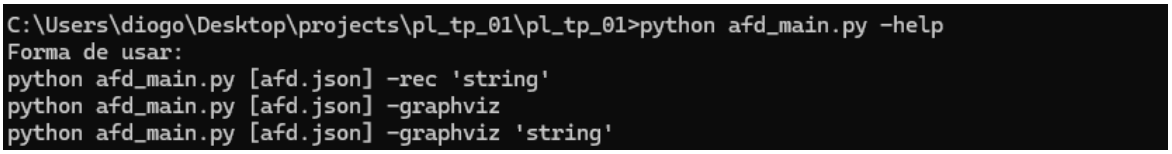


Figura 1 – Execução do script 'afd_main.py' com o argumento '-help'

Em seguida, o script lê um arquivo JSON que descreve a definição do autômato finito determinista (AFD). Esse arquivo contém informações como o conjunto de estados (Q), o alfabeto (V), a função de transição (delta), o estado inicial (q0) e o conjunto de estados finais (F).

Após carregar as informações do autômato, o script define uma função 'reconhece' que recebe uma palavra como entrada e determina se essa palavra é reconhecida ou não pelo autômato. Para isso, a função percorre a palavra, verificando se cada símbolo pertence ao alfabeto e se existe uma transição definida para esse símbolo a partir do estado atual. Caso a palavra seja reconhecida, a função retorna uma mensagem que indica o reconhecimento e o caminho percorrido pelo autômato. Caso contrário, retorna uma mensagem indicando que a palavra não foi reconhecida e o motivo, como a falta de uma transição definida.

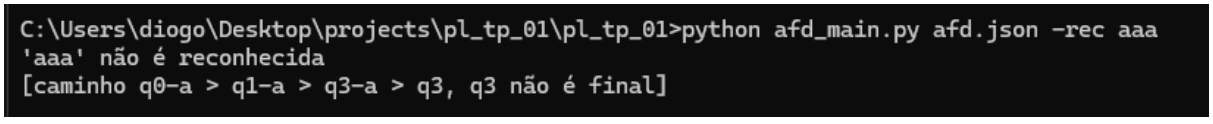


Figura 2 - Execução do script 'afd_main.py' com o argumento '-rec' submetendo uma string não reconhecida

```
C:\Users\diogo\Desktop\projects\pl_tp_01\pl_tp_01>python afd_main.py afd.json -rec ab
'ab' é reconhecida
[caminho q0-a > q1-b > q2]
```

Figura 3 - Execução do script 'afd_main.py' com o argumento '-rec' submetendo uma string reconhecida

Além disso, o script define uma função chamada 'graphviz_gen' que gera um arquivo no formato DOT para representar o autômato utilizando Graphviz. Essa função percorre as transições do autômato e gera as instruções necessárias para desenhar as setas correspondentes no diagrama. Se nenhum caminho for especificado, a função imprime o código DOT na saída padrão. Caso contrário, escreve o código DOT em um arquivo especificado pelo caminho fornecido.

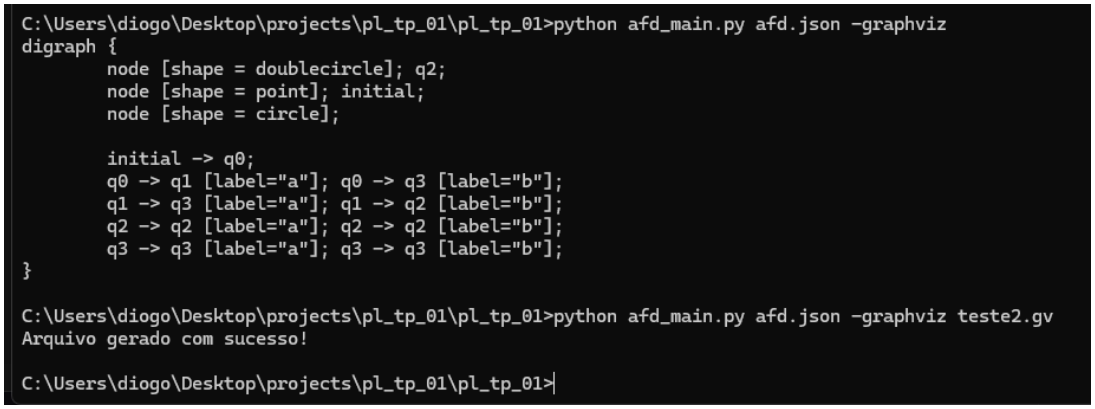


Figura 4 - Execução do script 'afd_main.py' com o argumento '-graphviz'

Por fim, o script verifica se foi especificada uma palavra para reconhecimento ou se a geração do diagrama Graphviz foi solicitada. Dependendo das opções escolhidas, o script chama a função 'reconhece' ou 'graphviz_gen' para realizar a operação desejada.

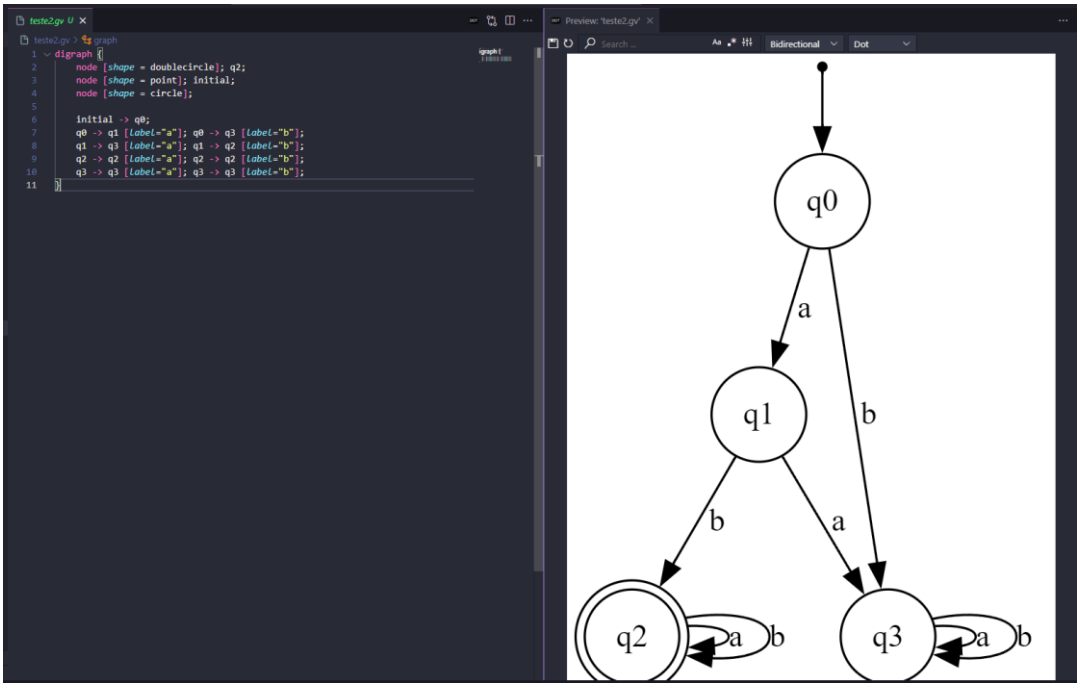


Figura 5 - Preview do gráfico utilizando a extenção 'Graphviz' do 'VSCode'

Expressão Regular para AFND

Seguiu-se então com o desenvolvimento do sript ‘er_main.py’, que recebe como argumentos um arquivo JSON que descreve a expressão regular e um parâmetro '--output' para especificar o arquivo onde o AFND convertido será salvo.

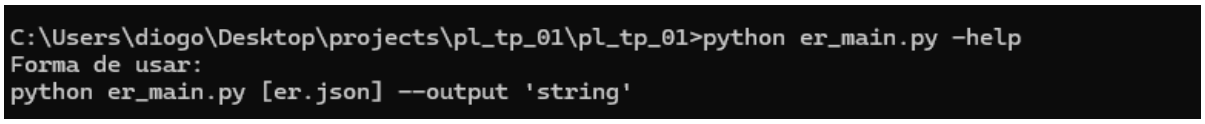


Figura 6 - Execução do script ‘er_main.py’ com o argumento ‘-help’

Inicialmente, o script verifica os argumentos passados pela linha de comando, procurando pelas opções pre-definidas. Em seguida, lê o arquivo JSON que descreve a expressão regular.

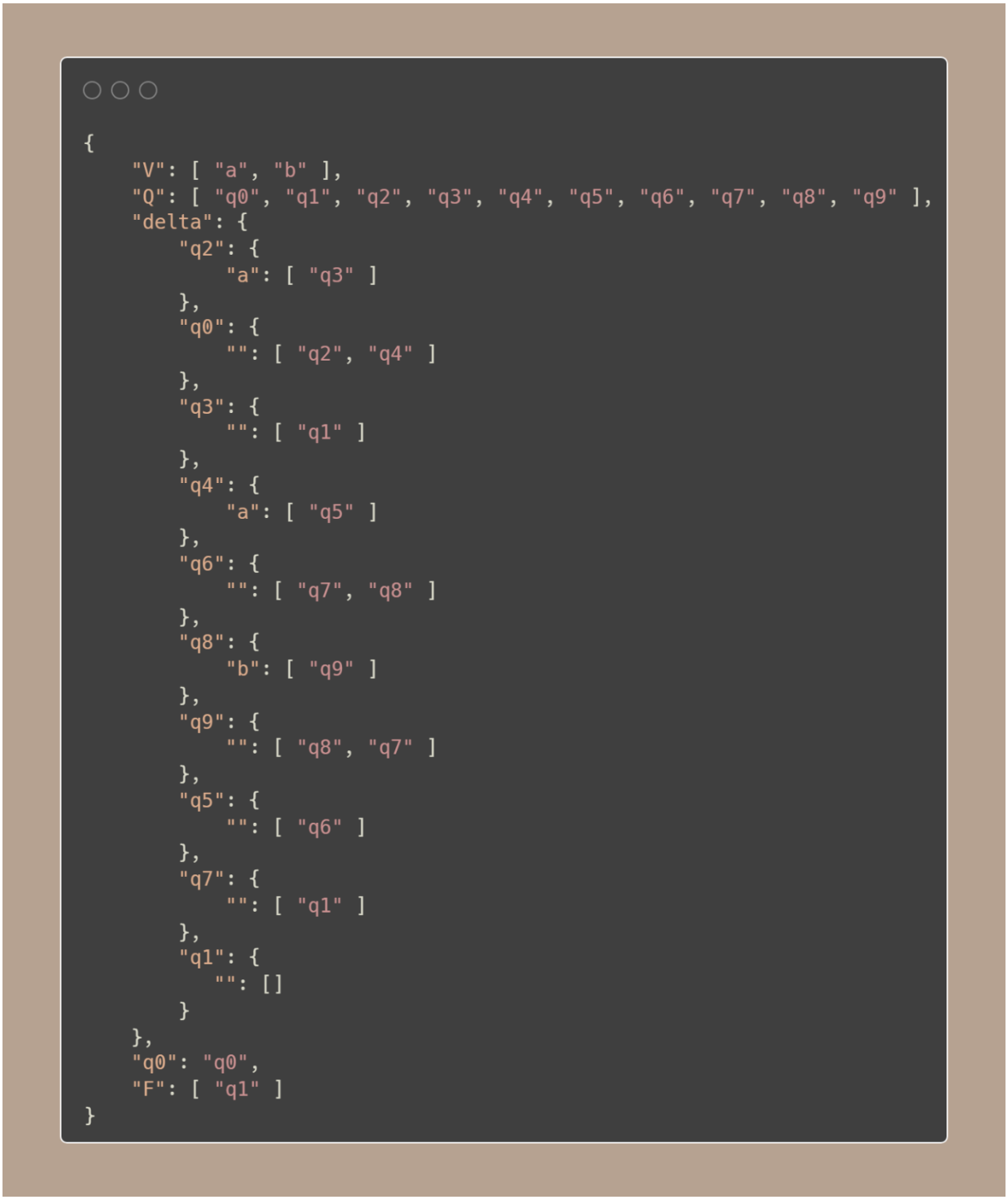
Após carregar a expressão regular, o script define várias funções para processar os diferentes tipos de operadores presentes na expressão regular, como símbolos individuais, alternância ('alt'), sequência ('seq'), fecho de Kleene ('kle') e fecho transitivo ('trans'). Cada função é responsável por criar os estados e transições necessários para representar o operador correspondente no AFND.

Além disso, o script define uma função principal chamada 'convertERToAFND', que inicia o processo de conversão da expressão regular para o AFND. Esta função utiliza as funções auxiliares mencionadas anteriormente para construir o AFND com base na estrutura da expressão regular.

Figura 7 - Execução do script ‘er_main.py’ com um arquivo JSON

Após construir o AFND, o script o salva em um arquivo JSON especificado pelo parâmetro '--output'.

Em resumo, o script é capaz de converter uma expressão regular em um Autômato Finito Não Determinístico, seguindo as regras e operadores definidos na expressão regular.



```
{
    "V": [ "a", "b" ],
    "Q": [ "q0", "q1", "q2", "q3", "q4", "q5", "q6", "q7", "q8", "q9" ],
    "delta": {
        "q2": {
            "a": [ "q3" ]
        },
        "q0": {
            "": [ "q2", "q4" ]
        },
        "q3": {
            "": [ "q1" ]
        },
        "q4": {
            "a": [ "q5" ]
        },
        "q6": {
            "": [ "q7", "q8" ]
        },
        "q8": {
            "b": [ "q9" ]
        },
        "q9": {
            "": [ "q8", "q7" ]
        },
        "q5": {
            "": [ "q6" ]
        },
        "q7": {
            "": [ "q1" ]
        },
        "q1": {
           "": []
        }
    },
    "q0": "q0",
    "F": [ "q1" ]
}
```

Figura 8 - Arquivo JSON gerado na conversão de er para AFND

Conversão de AFND para AFD

Continuou-se para o script7 ‘afnd_main.py’ projetado para converter um Autômato Finito Não Determinístico (AFND) em um Autômato Finito Determinístico (AFD). Inicialmente, o script verifica os argumentos passados pela linha de comando, procurando pela opção '-help', ‘output’ ou ‘graphviz’. Em seguida, lê o arquivo JSON que descreve o AFND.

```
C:\Users\diogo\Desktop\projects\pl_tp_01\pl_tp_01>python afnd_main.py -help
Forma de usar:
python afnd_main.py [afnd.json] -output 'string'
python afnd_main.py [afnd.json] -graphviz
python afnd_main.py [afnd.json] -graphviz 'string'
```

Figura 9 - Execução do script ‘afnd_main.py’ com o argumento ‘-help‘

Após carregar o AFND, o script define várias variáveis para armazenar os componentes do AFND, como os conjuntos de estados (Q), símbolos do alfabeto (V), função de transição (delta), estado inicial (q0) e estados finais (F).

O script inclui uma função principal chamada 'convertAFNDtoAFD', responsável por realizar a conversão do AFND para o AFD. Esta função utiliza um algoritmo de conversão que explora todos os possíveis estados alcançáveis a partir do estado inicial do AFND, construindo as transições correspondentes no AFD. Ele utiliza uma fila para controlar os estados a serem processados e uma abordagem iterativa para construir as transições do AFD.

Após converter o AFND para o AFD, o script salva o AFD em um arquivo JSON especificado pelo parâmetro '-output'. Além disso, se a opção '-graphviz' for especificada, o script pode gerar um arquivo Graphviz para visualizar o AFND.

```
C:\Users\diogo\Desktop\projects\pl_tp_01\pl_tp_01>python afnd_main.py afnd.json -output teste2.json
Arquivo gerado com sucesso!
```

Figura 10 - Execução do script ‘afnd_main.py’ com o argumento ‘-output‘

Em resumo, o script é capaz de converter um Autômato Finito Não Determinístico em um Autômato Finito Determinístico, seguindo as regras e componentes definidos no AFND. Ele fornece uma maneira conveniente de converter e visualizar autômatos finitos, facilitando a compreensão e análise de expressões regulares e linguagens formais.

```
C:\Users\diogo\Desktop\projects\pl_tp_01\pl_tp_01>python afnd_main.py afnd.json -graphviz
digraph {
        node [shape = doublecircle]; q2;
        node [shape = point]; initial;
        node [shape = circle];

        initial -> q0;
        q0 -> q1 [label="a"]; q0 -> q0 [label="b"]; q0 -> q1 [label="b"];
        q1 -> q2 [label="a"];
        q2 -> q2 [label="a"]; q2 -> q1 [label="b"];
}

C:\Users\diogo\Desktop\projects\pl_tp_01\pl_tp_01>python afnd_main.py afnd.json -graphviz teste22.gv
Arquivo gerado com sucesso!
```

Figura 11 - Execução do script 'afnd_main.py' com o argumento '-graphviz'

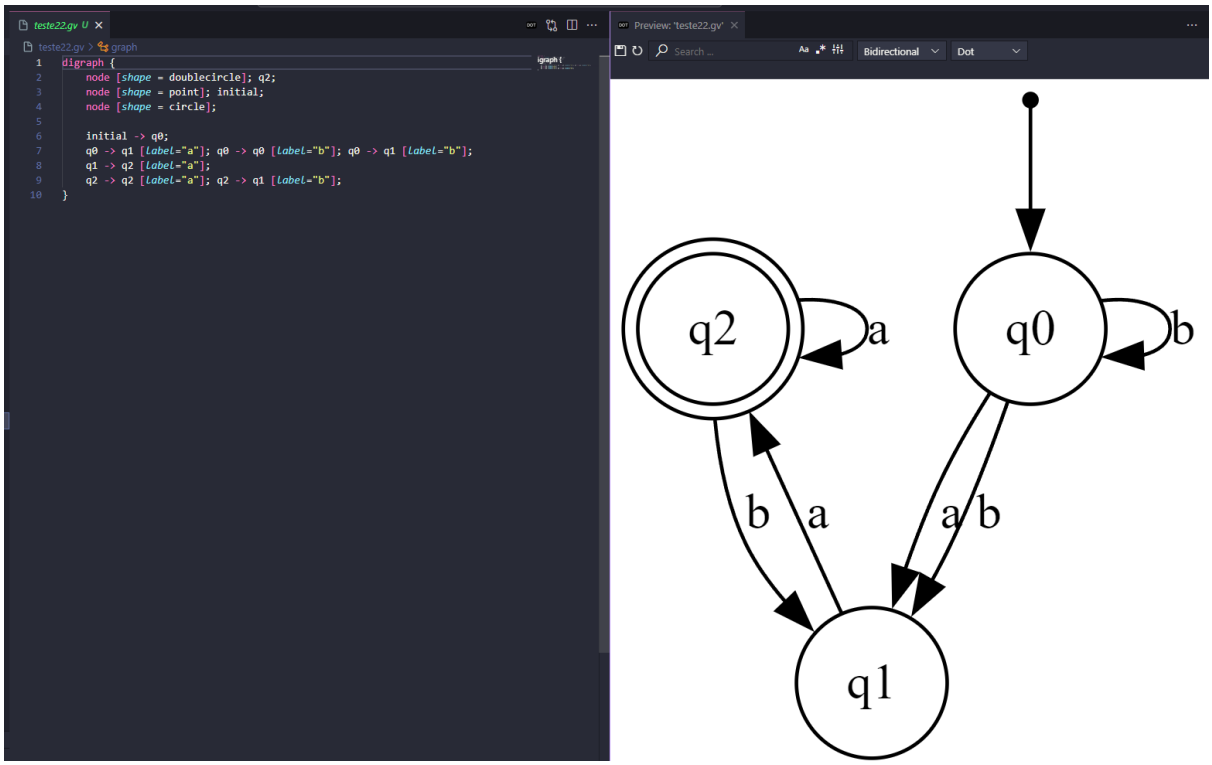
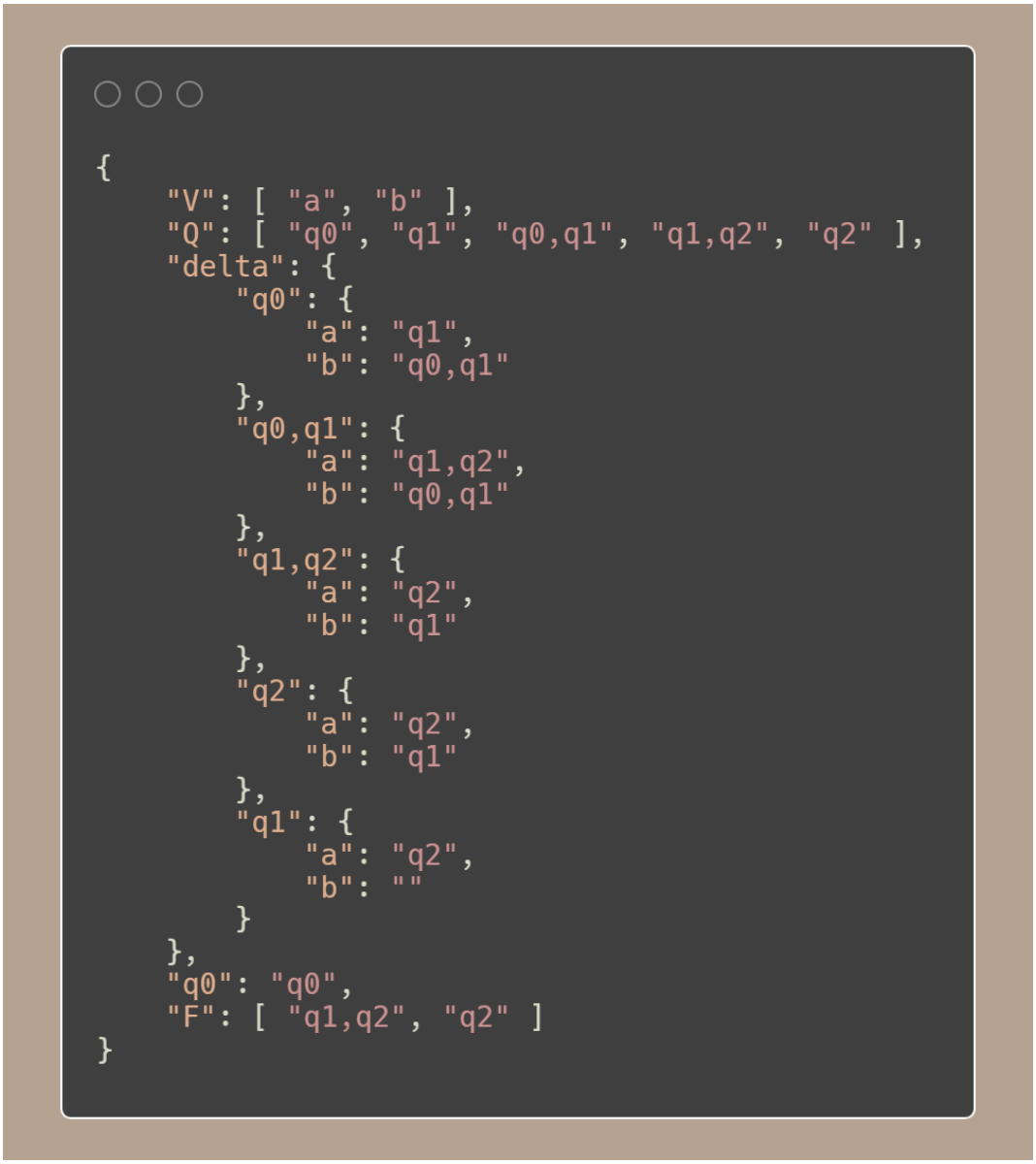


Figura 12 - Preview do gráfico gerado utilizando a extenção 'Graphviz' do 'VSCode'



```
{
    "V": [ "a", "b" ],
    "Q": [ "q0", "q1", "q0,q1", "q1,q2", "q2" ],
    "delta": {
        "q0": {
            "a": "q1",
            "b": "q0,q1"
        },
        "q0,q1": {
            "a": "q1,q2",
            "b": "q0,q1"
        },
        "q1,q2": {
            "a": "q2",
            "b": "q1"
        },
        "q2": {
            "a": "q2",
            "b": "q1"
        },
        "q1": {
            "a": "q2",
            "b": ""
        }
    },
    "q0": "q0",
    "F": [ "q1,q2", "q2" ]
}
```

Figura 13 - Arquivo JSON gerado na conversão de AFND para AFD

Conclusão

Em conclusão, o código desenvolvido demonstra uma abordagem eficiente para a conversão de Autômatos Finitos Não Determinísticos (AFNDs) em Autômatos Finitos Determinísticos (AFDs). Ao utilizar uma combinação de estruturas de dados adequadas e algoritmos bem definidos, o script é capaz de processar autômatos complexos e gerar representações determinísticas equivalentes de forma precisa e eficaz.

Através da análise detalhada dos componentes do AFND e da aplicação de um algoritmo iterativo de conversão, o código constrói as transições necessárias do AFD, garantindo que todas as transições possíveis sejam exploradas a partir do estado inicial. Além disso, a capacidade de gerar visualizações gráficas do AFND por meio do Graphviz aumenta a utilidade e a compreensão do processo de conversão.

Essa abordagem oferece uma solução versátil e poderosa para lidar com expressões regulares e linguagens formais, permitindo a análise e a manipulação eficiente de autômatos finitos em contextos diversos, desde a compilação de linguagens de programação até a análise de linguagens naturais. Em suma, o código representa uma contribuição significativa para a área de processamento de linguagens formais, proporcionando uma ferramenta valiosa para engenheiros, pesquisadores e entusiastas interessados em autômatos finitos e teoria da computação.