Integração entre IoT e Micro-serviços

Willian Marques Freire e Munif Gebara Junior

***Resumo*—Este trabalho têm por objetivo o desenvolvimento e prova de conceito de uma estrutura que integra micro-serviços e IoT *(Internet of Things)*. Durante dois artigos anteriores a este, foram apresentados estes conceitos, e atualmente neste artigo, será melhorados as duas estrutura que já foram desenvolvidas, para integração dos mesmos. Dentre as justificativas para o desenvolvimento deste trabalho, está o fato de que, os dois termos visam o compartilhamento de informações na rede mundial de internet. Aplicações coesas e independentes são viáveis pelo fato da disponibilidade das mesmas, pois é possível controlar pontos de falhas sem afetas as demais. Sendo assim, obteve-se a idéia de utilizar o micro-serviço e seu conceito para organizar os dispositivos, e integrar-se aos mesmos de forma simples. Este assunto é tratado detalhadamente durante este trabalho, e ao final é comprovado a possibilidade de desenvolvimento do mesmo.**

***Palavras-chave*—IoT, Internet, Coisas, Micro, Serviço, Micro-service, Micro-serviço, Integração.**

I. Introdução

COM A EVOLUÇÃO da computação distribuída surgiu a necessidade da criação de novos paradigmas, dando assim, origem aos Micro-serviços. O termo "Arquitetura de Micro-serviços" surgiu nos últimos anos para descrever uma maneira específica de desenvolver suítes de serviços com implantação *(deploy)* independente. Esta arquitetura tem várias características-chave que reduzem a complexidade de um software. Cada micro-serviço funciona como um processo separado. Consiste em interfaces impulsionadas por dados que normalmente têm menos de quatro entradas e saídas. Cada micro-serviço é auto-suficiente para ser implantado em qualquer lugar em uma rede, pois contém tudo o que é necessário para que ele funcione - bibliotecas, instalações de acesso a banco de dados e arquivos específicos do sistema operacional. Os mesmos são construídos em torno de uma única funcionalidade focada. Portanto, é mais eficaz, sendo que, desenvolvimento, extensibilidade, escalabilidade e integração são os principais benefícios oferecidos pela Arquitetura de Micro-serviços.

Atualmente tem surgido projetos utilizando este formato e os resultados têm sido positivos, tanto que para muitos desenvolvedores o mesmo têm-se tornado a forma padrão de desenvolver aplicações. Utilizando-se da empresa Netflix como referência em micro-serviços, esta provê recursos gratuitos e de código aberto para desenvolvedores. Dentre eles, estão ferramentas como o Eureka, Hystrix, Ribbon entre outros. Estimativas apontam que a mesma faturou algo em torno de R$ 1,1 bilhões somente no Brasil no ano de 2015, e fontes do mercado registraram que o canal de streaming faturou cerca de R$ 260 milhões a mais do que a previsão mais otimista de faturamento do SBT (Sistema Brasileiro de Televisão) neste ano [6]. A empresa Netflix é uma das pioneiras em micro-serviços, e este termo nem sequer existia quando o serviço por streaming da empresa começou a caminhar. Atualmente a plataforma da mesma é sustentada por um Gateway (Ponte de Ligação) de APIs que lida com cerca de dois bilhões de requisições todo o dia. No total, as requisições citadas são tratadas por mais de 600 APIs [7].

Atualmente, um assunto também em discussão, que tem chamado a atenção desde pessoas com pouco conhecimento em tecnologia, até pessoas que trabalham na área, é o IoT (Internet of Things) ou "Internet das Coisas", que se refere a uma revolução tecnológica que tem como objetivo conectar itens utilizados no dia a dia, à rede mundial de computadores. Cada dia surgem mais eletrodomésticos, meios de transporte, e até mesmo acessórios vestíveis conectados à Internet e a outros dispositivos, como computadores e smartphones [3]. Segundo Ashton (Primeiro especialista a utilizar o termo "Internet das Coisas") [5] a limitação de tempo e da rotina fará com que as pessoas se conectem à Internet de outras maneiras, sendo para tarefas pessoais ou trabalho, permitindo o compartilhamento de informações e experiências existentes na sociedade. Segundo uma pesquisa realizada em 2015 pelo IDC (Corporação Internacional de dados), no mercado de IoT foi movimentado em 2016 cerca de US$ 41 bilhões [9], o que indica o grande investimento por parte dos interessados nesta área.

Ademais, todas as evoluções tecnológicas na área de micro-serviços e IoT tem gerado grande interesse por parte dos desenvolvedores. Com base nas informações apresentadas, observa-se que são duas áreas distintas que crescem exponencialmente em razão do surgimento de novas tecnologias, e têm-se necessidade de verificar relações que podem ser feitas entre as mesmas. Ao construir estruturas de comunicação entre diferentes processos, é visto que, muitos produtos e abordagens enfatizam a inserção de inteligências significativas no próprio mecanismo de comunicação. Um exemplo do que foi citado é o Enterprise Service Bus (ESB), onde os os produtos do mesmo incluem recursos sofisticados para roteamento de mensagens, coreografia, transformação e aplicação de regras de negócios [10].

No ano de 1990 estava em alta uso a Arquitetura Orientada a Serviços (SOA). Foi um padrão que incluiu serviço como uma funcionalidade individual. O SOA trouxe muitas vantagens como velocidade, melhores fluxos de trabalho e melhor vida útil das aplicações. Desta vez, foi do ponto de vista da criação de aplicativos desenvolvidos em torno de componentes de domínio de negócios, e que poderiam ser desenvolvidos, manipulados e decompostos em serviços que se comunicassem por meio de APIs, e protocolos de mensagens baseados em

Faculdade de Filosofia Ciências e Letras de Mandaguari é uma fundação situada em Mandaguari no Paraná região sul brasileira, na rua Rene Taccola, 152 - Centro Site: (see http://www.fafiman.br/index.html).

Artigo realizado em 2017.

rede. Este é o ponto a Arquitetura de micro-serviços nasceu. A mesma adiciona agilidade, velocidade e eficiência quando se trata de implantação e modificação de sistemas. Como a tecnologia evolui, especificamente com IoT ganhando tanta tração, as expectativas das plataformas baseadas em nuvem mudaram. *Big Data* é um termo que descreve imenso volumes de dados, e se tornou um lugar comum, e o mundo tecnológico começou a se mover para a economia de APIs. Nesse interim, é onde o clássico SOA começou a mostrar problemas, demonstrando ser muito complicado, com centenas de interfaces e impossível definir granularidade [8].

Sendo assim, os micro-serviços hospedados em nuvem criaram um modelo de coleção de serviços, representando uma função específica. Os mesmos oferecem uma maneira de dimensionar a infra-estrutura tanto horizontal quanto verticalmente, proporcionando benefícios de longo prazo para as implantações de aplicações. Cada um dos serviços pode escalar com base nas necessidades. Dando o dinamismo das expectativas de implantação e escalabilidade que vem com o Micro-serviço, os mesmos precisam se tornar uma parte importante da estratégia IoT [8].

Neste trabalho, tem-se por objetivo o desenvolvimento de uma interação entre as tecnologias citadas, através de uma interface de comunicação simples, onde cada sistema embarcado se comunicará com algum micro-serviço genérico, permitindo assim, a escalabilidade, sustentabilidade e independência dos serviços propostos. Será utilizado tecnologias como Spring Boot (uma plataforma Java criado por Rod Johnson baseado nos padrões de projeto inversão de controle (IoC) e injeção de dependência), o Eureka (uma Interface de comunicação Java para micro-serviços), e a plataforma de prototipagem eletrônica NodeMcu ESP8266, para desenvolvimento do dispositivo IoT que se comunicará com os micro-serviços. Para exemplo de aplicação, pode ser citado um conjunto de dispositivos que iriam coletar informações de sensores e controladores, e torná-los visíveis na forma de dados. Os micro-serviços poderiam apenas processar esses dados e aplicar algumas regras a esses dados. Outros serviços também poderiam buscar dados de sistemas empresariais de terceiros, como sistemas CRM / ERP.

A. Revisão Bibliográfica

1) Hipermídia e Hipertexto: Os conceitos hipermídia e hipertexto foram criados na década de 1960 pelo filósofo e sociólogo estadunidense Ted Nelson. Surgiram utilizando-se da idéia de explorar a metáfora do labirinto, onde o mito e a matemática do labirinto poderiam auxiliar o compreender da realidade multidimensional que os sistemas de hipermídia oferecem. Hipertexto é composto por blocos de informação e por vínculos eletrônicos (Links). Estes blocos são denominados lexias, que é o ponto onde se está antes de seguir um link, que pode ser formados por textos, imagens, vídeos, entre outros. Hipermídia é a reuniao de várias mídias digitais em um ambiente computacional, suportada por sistemas eletrônicos de comunicação, e uma forma basteante comum de hipermídia é o hipertexto, no qual a informação é apresentado na forma de texto interativo [11].

2) HTTP: O HTTP (Hypertext Transfer Protocol) ou Protocolo de transferência de hipertexto é um protocolo de comunicação na camada de aplicação segundo o Modelo OSI (Open System Interconnection), utilizado para sistemas de informação de hipermídia, distribuídos e colaborativos. Normalmente, este protocolo utiliza a porta 80 e é bastante utilizado para comunicação de sites [12].

3) Rest: REST (Representational State Transfer) ou Transferência de estado representacional, é uma abstração da arquitetura da World Wide Web (Web). É um estilo arquitetural que consiste de um conjunto coordenado de restriços arquiteturais aplicadas a componentes, conectores e elementos de dados dentro de um sistema de hipermídia distribuido. Este termo foi apresentado no ano de 2000 por Roy Fielding, um dos principais autores da especificação do protocolo HTTP. [13].

4) Socket - Soquete de rede: Um soquete de rede (em inglês: network socket) é um ponto final de um fluxo de comunicação entre processos através de uma rede de computadores. Hoje em dia, a maioria da comunicação entre computadores é baseada no Protocolo de Internet, portanto a maioria dos soquetes de rede são soquetes de Internet. Uma API de soquetes (API sockets) é uma interface de programação de aplicativos (API), normalmente fornecida pelo sistema operacional, que permite que os programas de aplicação controlem e usem soquetes de rede. APIs de soquete de Internet geralmente são baseados no padrão Berkeley sockets. Um endereço de soquete (socket address) é a combinação de um endereço de IP e um número da porta, muito parecido com o final de uma conexão telefônica que é a combinação de um número de telefone e uma determinada extensão. Com base nesse endereço, soquetes de internet entregam pacotes de dados de entrada para o processo ou thread de aplicação apropriado [14].

5) Thread: Thread é uma forma de um processo dividir a si mesmo em duas ou mais tarefas que podem ser executadas concorrencialmente. O suporte à thread é fornecida pelo sistema operacional ou implementada através de uma biblioteca de uma determinada linguagem. Como exemplo, uma thread permite que o usuário de um programa utilize a funcionalidade do ambiente enquanto outras linhas de execução realizem outros cáculos e operações [15].

6) JSON: JSON (JavaScript Object Notation) é um formato de padrão aberto que utiliza texto legível a humanos para trasmitir objetos de dados consistema de atributos e valores. Atualmente, é o formato de dados mais utilizado para comunicação assíncrona entre navegadores e sevidores, substituindo o XML (Extensible Markup Language), sendo utilizado pelo AJAX (Asynchronous Javascript and XML). JSON é em formato de texto e independente de linguagem de programação, pois utiliza convenções que são familiares a divesas linguagens [16].

7) GPIO: GPIO (General Purpose Input Output) ou entrada/saída de uso geral é um pino genérico em um circuito integrado ou placa de computador cujo objetivo é entrar ou sair pulsos elétricos. São utilizados em circuitos integrados com poucos pinos, microfones, gerentes de energia, placas de vídeos, entre outros. Estes pinos podem ser configurados para serem entrada ou saída, e os valores de entrada e saída são legíveis, tipicamente alto ou baixo [17, p. 3].

B. Desenvolvimento

1) IoT: Neste trabalho, como o objeto é desenvolver a integração entre dispositivos IoT e Micro-serviços, primeiramente, foi criado uma estrutura IoT que tenha como objetivo principal a comunicação entre os mesmos e servidores contendo os micro-serviços. No primeiro Artigo escrito por Freire e Gebara [1] foi desenvolvido uma estrutura IoT que permite a comunicação entre dispositivos utilizando o módulos Wi-Fi. É factível o desenvolvimento da comunicação entre estes dispositivos como os micro-serviços através de protocolos como HTTP, utilizando de tecnologias de comunicação entre aplicações distribuidas como o REST.

2) Eureka Server: Antes de começar o desenvolvimento dos micro-serviços, foi necessário ter uma ferramenta que funcionará como gateway entre as aplicações. Para isto foi utilizado o Eureka Server, uma ferramenta REST desenvolvida pela Netflix com principal objetivo de localizar serviços e fornecer balanceamento de carga intermediário [4]. No artigo Micro-serviços de Freire e Gebara [2, p. 6], é explicado detalhadamente o processo de uma configuração simples do Eureka Server para descoberta de serviços.

3) Broadcast no Eureka Server: Um dos objetivos deste trabalho é a fácil configuração de registro dos dispositivos nos micro-serviços. Um dos problemas encontrados, é que o dispositivo não sabe onde está o Eureka Server, e devido a este fato, torna complicado o registro dos dispositivos. Foi analisado algumas estratégias para que o dispositivo descubra onde está o Eureka Server, e nota-se que neste trabalho não há a necessariedade dos dispositivos estar em uma rede diferente do Eureka Server. A solução proposta então, para que os dispositivos consigam se registrar no Eureka sem conhecer o mesmo, é utilizando o Broadcast. É enviado uma mensagem contendo informações como localização do dispositivo via broadcast, e a aplicação Eureka conterá um socket conectado ao mesmo, que quando visualizar uma mensagem, verificará sua origem, e enviará uma requisição a uma determinada rota neste endereço IP (no caso, o dispositivo), e quando o dispositivo receber esta requisição, saberá assim, onde se encontra o Eureka Server. Assim que o dispositivo conter a localização do Eureka Server, ele fará uma requisição a alguma rota do Eureka Server, enviando todas informações necessárias para registro do dispositivo, fazendo com que assim, o dispositivo seja visível pelos demais.

Assim que iniciar a aplicação Eureka Server, conforme a figura 3, é criado uma thread, e nesta thread será instanciado uma classe Java chamada Server, que será um socket conectado ao broadcast. A classe que conterá o código do socket que manterá a conexão via broadcast, pode ser visto na figura 6. Esta classe ficará encarregada de manter a conexão na rede, esperando um dispositivo que busque se registra no Eureka Server.

4) Registro do dispositivo: Conforme detalhado na figura **??**, a partir do momento em que o serviço Eureka Server visualizar uma mensagem no broadcast, o mesmo enviará um requisição para o dispositivo IoT em determinada rota. Com isto, o dispositivo IoT (neste caso o NodeMCU ESP8266), terá o endereço IP do Eureka Server, e com isto, será feito uma requisição para o mesmo, fazendo o registro do dispositivo. Para isto, como o micro-serviço utiliza comunicação REST via HTTP utilizando JSON, o dispositivo também deve utilizar o mesmo padrão de comunicação. No artigo IoT - A Internet das coisas [1], já foi desenvolvido uma estrutura, entretanto, para integração do dispositivo com um micro-serviço, serão feitos algumas implementações adicionais. Será implementado um módulo chamado register.lua, onde conterá 3 funções. A primeira será para tentar o registro no Eureka, a segunda para enviar a requisição de registro com as informações necessárias, e a terceira, conterá um simples servidor, que exibirá as entradas e saídas digitais, podendo ativá-las ou desativá-las.

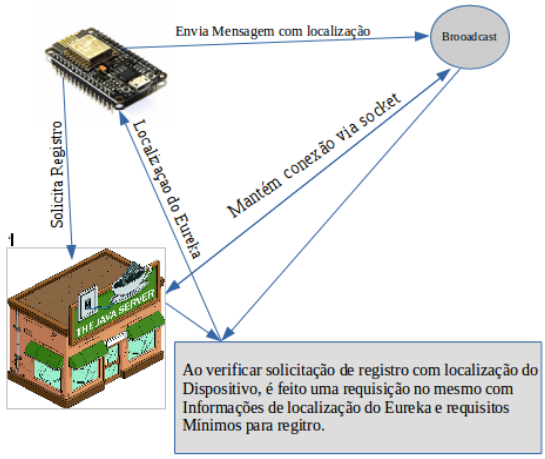


Figura 1. Comunicação entre o dispositivo e o EurekaServer [18].

A figura 2 demonstra a primeira função. Este função foi dividida em três funções menores. Uma que registrará o servidor da aplicação, outra que aguardará uma requisição do Eureka Server, e outra que fará a tentativa de registro.

```
1 function startEureka()
2   registerServer()
3   waitRegister()
4   tryingToRegister()
5 end
```

Figura 2. Função de tentativa de registro.

Assim que o dispositivo receber a requisição do Eureka Server, será feito uma verificação dos parâmetros, em busca do parâmetro ip, onde conterá o endereço do servidor. Isto pode ser visualizado na figura 4. Após o NodeMCU ESP82666 saber onde se encontra o gateway de serviços, será feito o registro no mesmo, e finalizado a conexão do dispositivo no endereço broadcast, conforme a figura 5. A função que contém o protocolo para registra no Eureka Server pode ser visualizada na figura 7, e a função que criará um pequeno servidor para controle dos pinos digitais pode ser visto na figura 8.

II. Resultados

Neste trabalho foi feito a integração entre um dispositivo IoT com módulo WiFi e um micro-serviço. Foi utilizado *Broadcast* e *Socket*, para que o EurekaServer observasse a

rede, para que quando recebesse uma mensagem de algum dispositivo, fosse feito a requisição para o mesmo, para que o dispositivo tivesse as informações necessárias para registro da aplicação.

III. Conclusões e trabalhos futuros

Considerando a arquitetura que foi desenvolvida, foi possível ser feita esta integração, e o dispositivo conseguiu se registrar no EurekaServer. Fácil configuração dos dispositivos e dos micro-serviços é algo plausível para preenchimento da lacuna deste trabalho. Sendo assim, foram abertas possibidades para desenvolvimento de outros serviços que se integrem com os dispositivos de forma recíproca. Para trabalhos futuros, é viável o desenvolvimento de dispositivos que tenham funções coesas, seguindo o padrão de arquitetura dos micro-serviços. De tal forma, se os micro-serviços e os dispositivos trabalhem de forma independente, torna-se fácil a manutenção de cada serviço ou dispositivo sem afetar os demais.

Apêndice A
Início da thread

```
@SpringBootApplication
@EnableEurekaServer
@RestController
@RequestMapping("/")
public class Application {
    public static void main(String[] args)
      throws InterruptedException {

        Thread thread = new Thread(() -> {
            System.out.println("------> thread");
            Server server = new Server();
            server.run();
        });

        thread.start();

        SpringApplication.run(Application.class,
  args);
    }

    @RequestMapping(value = "send-server",
      method = RequestMethod.GET)
    public String sendServer() {
        return "Server send!";
    }
}
```

Figura 3. Início da thread no Eureka Server

Apêndice B
Espera por registro

```
function waitRegister()
local srvConfigure = net.createServer(net.TCP, 0)
  srvConfigure:listen(
  8000,
  function(conn)
    conn:on(
    "receive",
    function(conn, request)
      print(request)
      local buf = "ok";
      local index =
          string.find(request, "?ip=")
      local novo = string
          .sub(request, index)
      local ip = string
          .match(novo, "%d+%.%d+%.%d+%.%d+%:*%d*")

      if (ip ~= nil) then
        registered = true
        registerEureka(wifi.sta.getip(), "http://"
  ..ip)
      end

      conn:send(buf);
      conn:close();
      collectgarbage();
    end)
    end)
end
```

Figura 4. Espera do Eureka Server.

APÊNDICE C
REGISTRO NO EUREKA

```
function tryingToRegister()
  local registered = false
  timeout = 0
  tmr.alarm(2, 1000, 1,
    function()
        if wifi.sta.getip() == nil
          and wifi.sta.getbroadcast() == nil then
          print("IP unavaiable, waiting... " ..
  timeout)
          timeout = timeout + 1
          if timeout >= 20 then
            print("Deleting configuration...")
            file.remove("config.lc")
            node.restart()
          end
        else
        if (pcall(function()
          ulala = net.createConnection(net.UDP, 0)
          ulala:send(1234, wifi.sta
            .getbroadcast(), "Request Address
  Eureka")
          tmr.alarm(3, 1000, 1, function()
            if registered == false then
              print("Trying to register...")
              local ulala = net.createConnection(
  net.UDP)
              ulala:send(1234, wifi.sta.
  getbroadcast(),
                "Request Address Eureka"..tostring
  (math.random(1,1000)))
              ulala:close()
              ulala = nil
            else
              tmr.stop(3)
            end
          end)
        end)) then
          print("Send register to Broadcast...")
        else
          print("Error to send register in
  Broadcast...")
        end

        print("Connected, IP is " .. wifi.sta.
  getip())
        tmr.stop(2)
        end
      end
  )
end
```

Figura 5. Registro no Eureka.

APÊNDICE D
SOCKET COM BROADCAST

```java
public class Server {

  public static final int DEFAULT_PORT = 1234;
  private DatagramSocket socket;
  private DatagramPacket packet;

  public void run() {
      try {
          socket = new DatagramSocket(DEFAULT_PORT
);
      } catch (Exception ex) {
          System.out.println("Problem creating
socket on port: "
            + DEFAULT_PORT);
      }

      packet = new DatagramPacket(new byte[1], 1);

      while (true) {
        try {
          socket.receive(packet);
          System.out.println("Received from: "
            + packet.getAddress() + ":" + packet.
getPort());
          byte[] outBuffer = new java
            .util.Date().toString().getBytes();
          packet.setData(outBuffer);
          packet.setLength(outBuffer.length);
          socket.setBroadcast(true);
          socket.send(packet);

          Set<InetAddress> localAddress =
getLocalAddress();

          Set<String> ips = localAddress.stream()
                  .map(ad -> ad.getHostAddress())
                  .collect(Collectors.toSet())
                  .stream().sorted()
                  .collect(Collectors.toSet());

          RestTemplate template = new RestTemplate
();

          ips.forEach(ip -> {
              try {
                  template.exchange("http://"
                  + packet.getAddress().
getHostAddress()
                  .concat(":8000?ip={ip}"),
                          HttpMethod.GET,
                          HttpEntity.EMPTY,
                          Void.class,
                          ip.concat(":8000"));
              } catch (Exception e) {
                  e.printStackTrace();
              }
          });

          System.out.println("Message ----> " +
packet
            .getAddress().getHostAddress());
        } catch (IOException ie) {
          ie.printStackTrace();
        }
      }
  }
}
```

Figura 6. Socket com Broadcast

APÊNDICE E
PROTOCOLO PARA REGISTRO NO EUREKA SERVER

```
function registerEureka(ip, addressEureka)
  print("Registering on Address Eureka ..
  addressEureka.." the ip "..ip)
  http.post(
  addressEureka.."/eureka/apps/appID",
  "Content-Type: application/json\r\n",
  [[{
  "instance": {
    "hostName": "]]..ip..[[",
    "app": "]].."NodeMcuEsp8266"
      ..node.chipid()..[[",
    "ipAddr": "http://]]..ip..[[",
    "status": "UP",
    "port": {
      "@enabled": "true",
      "$": "8080"
    },
    "securePort": {
      "@enabled": "false",
      "$": "443"
    },
    "dataCenterInfo": {
      "@class": "com.netflix.appinfo
        .InstanceInfo$DefaultDataCenterInfo",
      "name": "MyOwn"
    },
    "leaseInfo": {
      "renewalIntervalInSecs": 30,
      "durationInSecs": 90,
      "registrationTimestamp": 1492644843509,
      "lastRenewalTimestamp": 1492649644434,
      "evictionTimestamp": 0,
      "serviceUpTimestamp": 1492644813469
    },
    "homePageUrl": "http://]]..ip..[[:8080/",
    "statusPageUrl": "http://]]..ip..[[:8080/info"
,
    "healthCheckUrl": "http://]]..ip..[[:8080/
health",
    "vipAddress": "]].."NodeMcuEsp8266"..node.
chipid()
    ..[["}}]],
  function(code, data)
      if (code < 0) then
          print("HTTP request failed")
      else
          gpio.mode(4, gpio.OUTPUT)
          gpio.write(4, gpio.LOW)
          print(code, data)
      end
  end)
end
```

Figura 7. JSON Eureka

APÊNDICE F
SERVIDOR PARA CONTROLE GPIO

```
function registerServer()
  srv:listen(
    8080,
    function(conn)
      conn:on("receive", function(client,request)
        local buf = [[
        <!DOCTYPE html>
        <html lang="pt-br">
        <head>
        <meta charset="UTF-8">
        <title>NodeMcu ESP8266</title>
        </head>
        <body>
        ]];
        local _, _, method,
        path, vars = string
        .find(request, "([A-Z]+) (.+)?(.+) HTTP");
        if(method == nil)then
          _, _, method, path =
          string.find(request, "([A-Z]+) (.+) HTTP
");
        end
        local _GET = {}
        if (vars ~= nil)then
          for k, v in string
            .gmatch(vars, "(%w+)=(%w+)&*") do
              _GET[k] = v
          end
        end
        buf = buf.."<h1> ESP8266 Web Server</h1>";
        for i=1,8,1
        do
            gpio.mode(i, gpio.OUTPUT)
            buf = buf.."<p>DIGITAL "..i
            .." <a href=\"?pin="..i.."&stat=on\">
                  <button>ON</button>
                </a> 
                <a href=\"?pin="..i.."&stat=off\">
                <button>OFF</button></a></p>"
        end

        if (_GET.stat ~= nil and _GET.stat ~= nil)
    then
            if (_GET.stat == "on") then
                gpio.write(_GET.pin, gpio.HIGH);
            else
                gpio.write(_GET.pin, gpio.LOW);
            end
        end

        buf = buf..[[
            </body>
            </html>
        ]]

        print(buf)

        client:send(buf);
      end)

      conn:on(
          "sent",
          function(conn)
              conn:close();
              collectgarbage();
          end)
    end)
end
```

Figura 8. Servidor GPIO

REFERÊNCIAS

[1] Willian Marques Freire. Munif Gebara Júnior. *I*oT - A Internet das coisas, vol. 1, 2017

[2] Willian Marques Freire. Munif Gebara Júnior. *I*oT - Micro-serviços, vol. 1, 2017

[3] Pedro Zambarda. 'Internet das Coisas': entenda o conceito e o que muda com a tecnologia. 2014 [Online] Disponível: http://www.techtudo.com.br/noticias/noticia/2014/08/internet-das-coisas-entenda-o-conceito-e-o-que-muda-com-tecnologia.html [Acesso: 11-Mai-2017]

[4] Netflix. *E*ureka at a glance. 2014 [Online] Disponível: https://github.com/Netflix/eureka/wiki/Eureka-at-a-glance [Acesso: 26-Jun-2017]

[5] Finep. *K*evin Ashton – entrevista exclusiva com o criador do termo "Internet das Coisas", 2015 [Online] Disponível: http://finep.gov.br/noticias/todas-noticias/4446-kevin-ashton-entrevista-exclusiva-com-o-criador-do-termo-internet-das-coisas. [Acesso: 13-Jan-2017]

[6] Ricardo Feltrin. *N*etflix fatura R$ 1,1 bi no Brasil e ultrapassa o SBT, 2016 [Online] Disponível: https://tvefamosos.uol.com.br/noticias/ooops/2016/01/11/netflix-fatura-r-11-bi-no-brasil-e-ultrapassa-o-sbt.htm. [Acesso: 01-Mai-2017]

[7] SmartBear. *N*ETFLIX E O SEU SUCESSO COM APIS, 2016 [Online] Disponível: http://mundoapi.com.br/materias/netflix-e-o-seu-sucesso-com-apis. [Acesso: 20-Fev-2017]

[8] Manu Tayal. *I*oT and Microservices Architecture. [Online] Disponível: http://www.happiestminds.com/blogs/iot-and-microservices-architecture. 2016 [Acesso: 25-Abr-2017]

[9] IDC. *C*onnecting the IotT: The road to success. 2016 [Online] Disponível: http://www.idc.com/infographics/IoT. [Acesso: 15-Fev-2017]

[10] Martin Fowler et al. *M*icroservices. 2014 [Online] Disponível: https://www.martinfowler.com/articles/microservices.html. [Acesso: 20-Mai-2017]

[11] Lúcia Leão. *O* labirinto da hipermídia: arquitetura e navegação no ciberespaço. 1997 [Online] Disponível: http://www.alvarestech.com/lillian/Pos-graduacao/Hipermidia.pdf. [Acesso: 01-Jul-2017]

[12] Marcos Elias. *O* que é FTP? E HTTP? 2010 [Online] Disponível: http://www.explorando.com.br/ftp-http. [Acesso: 01-Jul-2017]

[13] Roy Thomas Fielding. *R*epresentational State Transfer (REST) 2000 [Online] Disponível: http://www.ics.uci.edu/fielding/pubs/dissertation/rest_arch_style.htm. [Acesso: 01-Jul-2017]

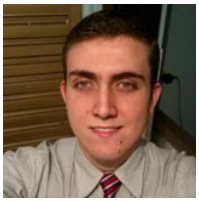
[14] Pedro Pinto. *R*edes – Sabe o que são sockets de comunicação? (Parte I) 2012 [Online] Disponível: https://pplware.sapo.pt/tutoriais/networking/redes-sabe-o-que-sao-sockets-de-comunicacao-parte-i.

[15] Fábio Jordao. *O* que são threads em um processador? 2011 [Online] Disponível: https://www.tecmundo.com.br/9669-o-que-sao-threads-em-um-processador-.htm

[16] Ecma international. *T*he JSON Data. 2013 [Online] Disponível: http://www.ecma-international.org/publications/files/ECMA-ST/ECMA-404.pdf

[17] Sasang Balachandran. *G*eneral Purpose Input/Output (GPIO), vol. 1, 2009

[18] Simpsons Wikia. *T*he Java Server 2017. [Online] Disponível: http://simpsons.wikia.com/wiki/The_Java_Server



Willian Marques Freire Possui Ensino Médio completo pelo Colégio Estadual Rosa Delúcia Calsavara (2013). Atualmente é Desenvolvedor de Software da Gumga Tecnologia da Informação S/A. Tem experiência na área de Ciência da Computação.

Munif Gebara Júnior Possui graduação em Ciência da Computação pela Universidade Estadual de Maringá (1997) e mestrado em Engenharia Elétrica e Informática Industrial pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (2001). Atualmente é professor da Fundação Faculdade de Filosofia Ciências e Letras de Mandaguari e professor de ensino superior da Faculdade de Tecnologia e Ciências do Norte do Paraná Ltda e desenvolvedor.