

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
SÃO PAULO**

CAMPUS AVARÉ

CURSO DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

JOYCE NASCIMENTO SILVA

**PROPOSTA DE METODOLOGIA PARA O ESTUDO DA TERMORREGULAÇÃO
DE AMPHISBAENIA (SQUAMATA) EM CATIVEIRO**

AVARÉ

2019

JOYCE NASCIMENTO SILVA

**PROPOSTA DE METODOLOGIA PARA O ESTUDO DA TERMORREGULAÇÃO
DE AMPHISBAENIA (SQUAMATA) EM CATIVEIRO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Graduação
em Ciências Biológicas do Instituto
Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia de São Paulo - *Campus*
Avaré, como requisito parcial à
obtenção do título de licenciado em
Ciências Biológicas.

Orientador (a): Profa. Dra. Lívia Cristina
dos Santos

AVARÉ

2019

Catálogo na fonte
Instituto Federal de São Paulo – Campus Avaré
Biblioteca Campus Avaré
Bibliotecária: Anna Karolina Gomes Dias - CRB-8/9563

Silva, Joyce Nascimento

Proposta de metodologia para estudo da termorregulação de *Amphisbaenia* (Squamata) em cativeiro / Joyce Nascimento Silva. – Avaré, 2019.
53 p.

Orientadora: Lívia Cristina dos Santos

Monografia (Graduação – Licenciatura em Ciências Biológicas) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo – Campus Avaré, Avaré, 2019.

1. Fisiologia térmica. 2. *Amphisbaena mertensi*. 3. Cativeiro. 4. Arduino. I. Santos, Lívia Cristina dos Santos. III.. Proposta de metodologia para estudo da termorregulação de *Amphisbaenia* (Squamata) em cativeiro.

ANEXO IV



INSTITUTO FEDERAL
São Paulo
Campus Avaré

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo
Campus Avaré

FOLHA DE AVALIAÇÃO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**IDENTIFICAÇÃO DO(A) ALUNO(A)**

Nome: Joyce Nascimento Silva

Título: Proposta de metodologia para o estudo da termorregulação de Amphisbaenia (Squamata) em cativeiro

Curso: Licenciatura em Ciências Biológicas

BANCA EXAMINADORA

Nome: Julio Cesar Pissuti Damalio

Instituição/Departamento:

Instituto Federal de São Paulo - câmpus Avaré

Nota: 9,4

Julgamento: ☒ Aprovado () Reprovado

Assinatura: *Julio C. P. Damalio*

Nome: Raíssa Maria Mattos Gonçalves

Instituição/Departamento:

Instituto Federal de São Paulo - câmpus Avaré

Nota: 9,24

Julgamento: ☒ Aprovado () Reprovado

Assinatura: *Raíssa Maria Mattos Gonçalves*

Nome: Lívia Cristina dos Santos

Instituição/Departamento:

Instituto Federal de São Paulo - câmpus Avaré

Nota: 8,56

Julgamento: ☒ Aprovado () Reprovado

Assinatura: *Lívia C. dos Santos*

RESULTADO FINAL

Como parte das exigências para conclusão do Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas, o candidato(a)/aluno(a), em sessão pública, foi considerado aprovado pela Comissão Examinadora, com média final 9,07.

Avaré, 07 de dezembro de 2019.

A todos aqueles que amo e que iluminaram a
minha caminhada até aqui. Em especial
à minha família que é a base da minha
existência.

AGRADECIMENTOS

Agradeço antes de tudo, todas as manifestações divinas que conduziram o meu caminho até aqui, e que por meio do amor e das boas energias transformaram os obstáculos em aprendizado.

Agradeço a minha orientadora Livia Cristina dos Santos, primeiramente por me apresentar a esse universo encantador que é a herpetologia, em especial as anfisbenas que me fascinaram por serem desafiadoras, misteriosas e fofas. Além de toda a paciência, dedicação ao meu trabalho e incentivo para eu não desistir do projeto, ajudando da melhor forma nas minhas crises de desespero. Obrigado pela amizade e por ser uma inspiração de exemplo a ser seguido.

Ao Professor Rodrigo Predolin, que mesmo de licença não mediu esforços para me ajudar e que foi fundamental para a construção dessa metodologia, e que desde o início me deu o suporte necessário para prosseguir com a minha ideia, independente dos desafios.

Ao técnico em eletrônico Gustavo Guerra, que abraçou a minha ideia e me ajudou do início ao fim na montagem de toda a parte eletrônica dessa metodologia. Sou extremamente grata pela paciência, pelos conselhos e pelo incentivo em todas as vezes que eu chegava querendo desistir.

Agradeço também à Instituição, aos técnicos do T. I. que sempre estavam prontos para ajudar, aos professores que sempre sanavam minhas dúvidas e ajudaram no trabalho, enriquecendo a metodologia e dando forças. Aos outros funcionários que ajudaram de forma direta ou indireta.

A todos os professores que contribuíram para a minha formação e desenvolvimento pessoal nessa Instituição, por meio de conselhos, exigências, incentivos, por acalmar, por mostrar caminhos e pelo grande companheirismo, característica especial dessa Instituição que nos permite enxergar além de tudo o ser humano que é cada um.

À base da minha existência e principal motivo da minha felicidade, minha família! Obrigado por me apoiar desde o início em todas as minhas decisões, visando sempre a minha felicidade. Em especial, agradeço ao meu maior exemplo de força, coragem, luta e mulher, minha mãe! Você me inspira todos os dias a lutar por tudo que acredito para ser quem sou, obrigado por acreditar em mim desde sempre e por todo incentivo. E às minhas irmãs, Manú e Lavínia, meus bichinhos de pé, que são

meus pontos de luz, minha fonte de força e amor.

Finalizo agradecendo à família que eu construí em Avaré, que foi fundamental para aturar meus surtos de animação, tristeza, raiva, alegria, enfim a todos aqueles que de alguma forma colaboraram com boa energia, para que eu permanecesse bem. Em especial agradeço ao pessoal da sala, que partilhou desesperos, fez resuminhos antes das provas, se matou com as festas juninas, fez muitas jantinhas e mais que isso foram amigos, vocês ajudaram tudo isso valer a pena.

Ao pessoal da República, meninas vocês são sensacionais e agradeço demais por todo apoio e amor de família que me proporcionaram em todos os momentos, pelas comidas que nunca saíram, pelas limpezas que deram briga e pelos melhores roles de Avaré, sou extremamente grata por vocês. Aos agregados que fazem parte juntamente dessa família e que me acolheram desde a minha chegada aqui, que amo muito e que ajudaram fazer isso valer a pena. E aos que me ajudaram diretamente na construção desse TCC, Daniel e Nathália, na soldagem de fios, descascando, dando ideias e muito apoio e amor, vocês são extremamente importantes pra mim.

“Alguns homens vêem as coisas como são, e dizem ‘Por quê?’
Eu sonho com as coisas que nunca foram e digo ‘Por que não?’”.

(George Bernard Shaw)

RESUMO

O manejo de animais silvestres em cativeiro permite uma vasta possibilidade de estudos, subsidiando ações importantes para a conservação de espécies. Esses estudos também podem oferecer possibilidades de pesquisas difíceis de serem desenvolvidas na natureza. O grupo *Amphisbaenia* apresenta hábitos fossoriais, o que dificulta o encontro de espécimes na natureza, resultando na escassez de informações relacionadas à sua ecologia, como o comportamento reprodutivo, atividade diária e termorregulação. Portanto, o objetivo deste trabalho foi de desenvolver uma metodologia para o estudo em cativeiro da fisiologia térmica de anfisbenas. Foi utilizado um terrário de vidro equipado com termossensores digitais conectados a um arduíno, que coleta as temperaturas do animal por meio do comando de uma programação feita no Arduino IDE. Foram utilizados 32 sensores em todo o interior do terrário, agrupados em blocos de dez para facilitar o desenvolvimento do programa. Os termossensores ficaram colados nas paredes do terrário; além disso, foram utilizados canos de PVC como suporte para os sensores na vertical do centro do terrário, aumentando a superfície de contato. Foram construídos circuitos agrupando os sensores e identificando a sua numeração quanto à sua posição no terrário. Para a montagem desses circuitos, foram utilizados fios das cores vermelha, preta e amarela seguindo um padrão de conexão aos pinos do sensor. Para o teste da metodologia foi utilizado um espécime adulto de *Amphisbaena mertensi* coletado na cidade de Avaré, estado de São Paulo. A padronização dos sensores de forma correta aos fios permitiu o funcionamento satisfatório da metodologia, de forma que foram coletados dados de temperatura a cada 30 segundos e não houve complicações na coleta de dados. Foi observada a criação de túneis pela anfisbena, inclusive próximo dos sensores. A coleta de dados é fornecida pelo programa e pode ser aberta por meio de planilhas do Excel. Assim, conclui-se que a metodologia proposta fornece possibilidades de enriquecer os dados referentes à ecologia termal de *Amphisbaenia*.

Palavras-chave: Fisiologia térmica. *Amphisbaena mertensi*. Cativeiro. Arduino.

ABSTRACT

Captive management of wild animals allows a wide possibility of studies, supporting important actions for the conservation of species. These studies may also offer research possibilities that are difficult to develop in nature. *Amphisbaenia* species have fossorial habits, which makes it difficult to find specimens in the wild, resulting in a lack of information related to their ecology, such as reproductive behavior, daily activity and thermoregulation. Therefore, the objective of this work was to develop a methodology for the study of thermal physiology of amphisbaenians in captivity. A glass terrarium was built and equipped with digital thermosensors connected to an Arduino, which collects the animal's body temperatures by using a programming made in the Arduino IDE. 32 sensors were used throughout the interior of the terrarium, grouped in blocks of ten to facilitate the development of the program. The thermosensors were glued to the terrarium walls. In addition, PVC pipes were positioned vertically in the center of the terrarium, to support additional sensors increasing the contact surface. Circuits were built by grouping the sensors and identifying their numbering as to their position in the terrarium. To assemble these circuits, red, black and yellow wires were used following a connection pattern to the sensor pins. For the methodology test, an adult specimen of *Amphisbaena mertensi* collected in the city of Avaré, state of São Paulo, was used. The correct standardization of the sensors to the wires allowed the methodology to work satisfactorily, so that temperature data were collected every 30 seconds and there were no complications in data collection. Tunnels were created by the specimen, including tunnels near the sensors. Data collection is provided by the program and can be opened through Excel spreadsheets. Thus, it is concluded that the proposed methodology provides possibilities to enrich studies on the thermal ecology of *Amphisbaenia*.

Keywords: Thermal physiology. *Amphisbaena mertensi*. Captivity. Arduino.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Esquema do terrário, com as medidas e a posição dos canos em PVC no seu interior.....	20
Figura 2. Divisão e identificação dos lados do terrário.....	22
Figura 3. Esquema de montagem dos sensores na protoboard e no arduino UNO para a coleta do código serial dos sensores, mantendo todos os sensores com a ligação elétrica em paralelo utilizando um resistor 4,7k ligando o 5v no cabo do sensor.....	23
Figura 4. Espécime de <i>Amphisbaena mertensi</i> coletado na área urbana da cidade de Avaré, mantido em cativeiro nas dependências do IFSP, Campus Avaré.....	24
Figura 5. Sensor DS18B20 Dallas.....	25
Figura 6. Cano de PVC sendo utilizado como suporte para os sensores no centro do terrário, fixados por meio de cola quente. Em destaque, a superfície dos sensores expostas para a coleta da temperatura.....	26
Figura 7. Padrão de ligação dos fios aos pinos dos sensores por meio da solda e isolamento, seguindo a sequência vermelha, amarelo e preto, sendo que o fio vermelho significa a alimentação positiva, o fio amarelo é o sinal do sensor e o preto é a alimentação negativa. A seta vermelha aponta a região dos pinos que, durante os primeiros testes, ficou exposta, resultando em curto, e que portanto deve ser isolada com cola quente.....	27
Figura 8. Vista superior do terrário mostrando a disposição dos circuitos de 1 a 4 no lado A e de 11 a 12 nos canos de PVC, abrangendo os sensores conforme a Tabela 1.....	28
Figura 9. Ligação dos sensores às portas do arduino. Sendo que a seta vermelha indica, em ordem decrescente, as portas 5 (sensores de 41 a 50), 4 (sensores de 51 a 60), 3 (sensores de 61 a 64) e 2 (sensores de 71 a 80).....	29
Figura 10. Vista geral do terrário disposição dos circuitos em seu interior.....	30
Figura 11. Janela do programa do Arduino na qual são disponibilizados os dados coletados pelos sensores presentes no terrário.....	33
Figura 12. Abertura dos dados na planilha do Excel.....	33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Relação do agrupamento dos termossensores nos circuitos.....	28
---	----

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLAS

CRC	Comprimento rostro-cloacal
CC	Comprimento caudal
c++	C com classes

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	15
2.	OBJETIVOS.....	19
2.1	Objetivo Geral	19
2.2	Objetivos Específicos.....	19
3.	MATERIAL E MÉTODOS	19
3.1	Área de estudo.....	19
3.2	Coleta do espécime	20
3.3	Montagem do terrário.....	20
3.4	Programação dos sensores	22
3.4.1	Coleta dos códigos	23
3.4.2	Coleta da temperatura	23
4	RESULTADOS	24
4.1	Espécime	24
4.2	Montagem do terrário.....	25
4.2.1	Coleta dos códigos	30
4.2.2	Coleta da temperatura	30
4.5	Funcionamento da metodologia.....	31
4.	DISCUSSÃO	34
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	38
6.	REFERÊNCIAS.....	39

1. INTRODUÇÃO

As pesquisas relacionadas ao comportamento animal têm se multiplicado em decorrência da importância dos programas ambientais e manejo para os estudos com espécies raras ou de difícil acesso, podendo esses estudos ser em habitat natural ou em cativeiro (SNOWDON, 1999).

Kleiman (1996), em seu estudo demonstrou que alguns comportamentos anormais podem ocorrer em cativeiro se comparados aos encontrados no habitat natural, devido às limitações presentes, como espaço, alimentação e ausência de interação com outros indivíduos. No entanto, o manejo de animais silvestres em cativeiro permite uma vasta possibilidade de estudos, subsidiando ações importantes para a conservação de espécies em extinção ou raras (DEL CLARO, 2008). Além disso, esses estudos podem oferecer possibilidades de pesquisas difíceis de serem desenvolvidos na natureza (HUTCHINS et al., 2003).

Em decorrência disso, esses estudos exigem um conhecimento mínimo sobre a espécie, como os métodos de coleta, desenvolvimento do estudo, entre outros fatores que contribuem para o sucesso do manejo, possibilitando o bem-estar animal e a obtenção de dados satisfatórios e confiáveis (NEVES et al., 2013; SILVA, 2008). Para o presente trabalho foi levada em consideração a fisiologia térmica do grupo *Amphisbaenia*, uma subordem de *Squamata* (PYRON; BURBRINK; WIENS, 2013).

A ordem *Squamata* constitui uma das mais diversas radiações de vertebrados terrestres, totalizando cerca de 10.400 espécies viventes (UETZ; FREED; HOŠEK, 2018). O grupo abrange as espécies conhecidas como “lagartos”, e os grupos Serpentes e *Amphisbaenia* (PYRON; BURBRINK; WIENS, 2013).

As anfisbenas possuem corpo cilíndrico, alongado e escamado, além de possuírem músculos rígidos e crânio compactado especializado para o hábito fossorial. São desprovidas de membros, com exceção da família *Bipedidae*, cujos representantes possuem os membros anteriores desenvolvidos. Apresentam visão baixa e ouvido interno único modificado para sons de baixa frequência. São predadoras e possuem especializações sensoriais para tal, na captura de invertebrados (GANS, 1968; GANS 1978, GANS, 2005).

As anfisbenas totalizam 196 espécies (GANS, 2005; UETZ; FREED; HOŠEK, 2018), distribuídas em 6 famílias: *Rhineuridae*, com ocorrência na Flórida, *Bipedidae*, no México, *Blanidae* na região Mediterrânea, *Cadeidae* em Cuba, *Trogonophidae* na

África e Oriente Médio e Amphisbaenidae na África, América do Sul, e Oeste da Índia (VIDAL et al., 2008).

No Brasil concentra-se quase 70% do total de espécies da família Amphisbaenidae da América do Sul, o que corresponde à maior diversidade e endemismo de anfisbenas do que qualquer outro país, num total de 72 espécies, distribuídas em 3 gêneros, *Mesobaena*, *Amphisbaena* e *Leposternon* (MOTT; VIEITES, 2009; RIBEIRO et al., 2011; COSTA; BÉRNILS, 2018).

Quanto à sua filogenia, do ponto de vista morfológico, propõe-se monofiletismo da subordem Amphisbaenia, com base em características como formato do crânio, dentição, vestígios dos membros, entre outros fatores (KEARNEY, 2003). Dados filogenéticos baseados em sequências genômicas e mitocondriais também confirmam esse monofiletismo (MACEY et al., 2004; KEARNEY; STUART, 2004; PYRON; BURBRINK; WIENS, 2013). Quanto às relações filogenéticas dos seus representantes, estudos morfológicos apontam monofiletismo para a família Amphisbaenidae (KEARNEY, 2003). E estudos mais recentes, baseados em dados moleculares, sugerem a família Amphisbaenidae como monofilética e grupo irmão de Trogonophidae (MACEY et al., 2004; VIDAL et al., 2008).

Esse grupo possui hábitos fossoriais, ou seja, possui características que permitem o animal escavar e viver enterrado (GANS, 1969), tornando esse grupo de difícil estudo já que essa característica dificulta o encontro de espécimes na natureza, resultando na escassez de informações relacionadas a sua ecologia, como o comportamento reprodutivo, atividade diária, termorregulação, entre outros.

A termorregulação é um fator importante na caracterização da fisiologia dos répteis, assim como na sua distribuição geográfica (ROCHA et al., 2009). Os aspectos englobados na termorregulação norteiam o modo de vida e os parâmetros adaptativos dessas espécies nos diferentes ambientes, considerando que a maior diversidade de herpetofauna se concentra nos trópicos e nas zonas temperadas quentes (ANGILLETTA JR., 2009). Esse fator está classificado por Angilletta Jr. (2009) como componente da segunda dimensão do “continuum” que rege as estratégias que os organismos utilizam para lidar com a heterogeneidade térmica. A segunda dimensão caracteriza o grau em que o organismo regula a sua temperatura, podendo esses organismos ser desde termorreguladores perfeitos (aqueles que mantêm a sua temperatura constante) até termoconformistas perfeitos (os que se conformam à temperatura do ambiente).

Animais predominantemente ectotérmicos, como os répteis, dependem de fontes externas de calor e possuem respostas comportamentais para regular a temperatura do corpo, tendo uma produção metabólica de calor baixa, assim como as suas atividades diárias (VITT; CALDWELL, 2013). Animais endotérmicos, como os mamíferos, por outro lado, possuem alto nível de atividade metabólica e consequentemente maior frequência em suas atividades diárias, além de possuírem resposta fisiológica para iniciar a produção de calor (VITT; CALDWELL, 2013).

Alguns fatores podem influenciar no processo de termorregulação desses animais, como por exemplo, o tamanho do corpo, a massa corporal, a taxa de evaporação, o isolamento térmico, entre outros (ROCHA et al., 2009). Em animais exclusivamente fossórios, outros fatores ainda são relevantes no processo de termorregulação, como a condução, a convecção, a incidência de radiação e a evaporação no solo (ANGILLETTA JR., 2009). E por isso, segundo Vitt e Caldwell (2013), a troca de calor também pode ocorrer por meio da condução entre seu habitat e superfícies que recebem incidência direta de calor, como pedras na superfície.

Diferentes estudos foram realizados na análise de atividades termorregulatórias em répteis da ordem Squamata, entre eles: Neto (2015), com a análise da influência da temperatura na atividade metabólica de cascavéis; Bovo (2009), com ecologia termal em *Bothrops insularis*; Sado et al. (2007), caracterizando a termorregulação em lagartos do cerrado, entre outros. Nesses estudos as metodologias utilizaram o trabalho em campo como principal estratégia, e apenas Bovo (2009) utilizou o cativeiro por meio de uma câmara de aclimação para complemento dos seus estudos. Contudo, há dificuldade em metodologias eficazes para estudos como esses em se tratando de animais com hábitos fossoriais, como as anfisbenas.

Entre os poucos estudos em campo disponíveis com anfisbenas, os mais frequentes são com espécies que costumam se abrigar sob rochas, como *Amphisbaena munoai*, *Trogonophis wiegmanni* e *Blanus cinereus*, o que facilita seu encontro em campo (LOPEZ et al., 1998, LOPEZ et al., 2002, GATTEN; McCLUNG, 1981, MARTIN et al., 1990, MATIAS, 2013). As busca ativas, como as realizadas por Lopez et al. (2002) com *T. wiegmanni*, Martin et al. (1990) com *B. cinereus* e Matias (2013) com *A. munoai*, permitem uma certa precisão no que diz respeito à inferência de temperatura desse animal em seu habitat natural, já que é medida a temperatura corpórea por meio do contato direto com termômetros digitais, inseridos ou não na cloaca, tornando possível a correlação desta com a temperatura dos aspectos físicos

do ambiente, como a rocha, o ar e o solo.

Estudos em cativeiro também foram realizados com *T. wiegmanni* e *A. munoai* (LOPEZ, 1998, GATTEN; McLUNG, 1981; MATIAS, 2013). Esses estudos utilizaram o gradiente de temperatura como base, sendo que Lopez (1998) colocou o terrário em uma sala fria e uma lâmpada de cerâmica infravermelha acima dele produziu um gradiente de temperatura sobre o solo; Matias (2013) utilizou algo semelhante, mas com lâmpadas simulando o dia e a noite, pedras simulando o ambiente natural e um tapete térmico. Já Gatten e Mc Lung (1981) submeteram os espécimes a um gradiente de temperatura produzido com uma placa de metal cujas extremidades foram expostas a gelo e raios infravermelhos. Nesses estudos, a coleta da temperatura dos animais era feita por meio de termômetros manuais inseridos na cloaca, ou por meio de termômetros infravermelho na superfície do corpo.

Em espécies que ocupam maiores profundidades no solo, os estudos são feitos geralmente em cativeiro, e há escassez de metodologias que permitam o recolhimento de dados com rigor. Como consequência, o único estudo publicado até o momento com espécies com esse hábito é o de Abe (1984), com *A. mertensi*. Em sua metodologia, o autor utilizou gradientes de temperatura, colocando os terrários em salas com temperaturas diferentes e analisando a cada 8h a posição dos animais durante 24 horas, e a sua temperatura de preferência. Em seus resultados observam-se algumas semelhanças com outros estudos com anfisbenas (LOPEZ et al., 1998, LOPEZ et al., 2002, GATTEN; McCLUNG, 1981, MARTIN et al., 1990), como a preferência pela baixa temperatura (em média de 22° C).

Dada a escassez de informações sobre a ecologia termal de répteis fossoriais, como as anfisbenas, e devido à dificuldade na observação desses animais em habitat natural, são importantes metodologias mais completas para a caracterização da sua ecologia. Atualmente, o déficit de dados sobre a ecologia e fisiologia de anfisbenas prejudica análises do nível de ameaça para essas espécies, conforme as publicações da International Union for conservation of nature (IUCN) (MONTERO, 2019). Segundo Martins e Molina (2009), para muitas espécies de *Amphisbaenia* os dados são insuficientes, como habitat, estrutura populacional, ecologia, reprodução, entre outros fatores que são importantes nessa análise.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

O presente trabalho tem como objetivo desenvolver uma metodologia para o estudo em cativeiro da fisiologia térmica de *Amphisbaenia*.

2.2 Objetivos Específicos

- ✓ Desenvolver um método pouco invasivo de coleta de dados para os animais;
- ✓ Testar técnicas que permitam a praticidade de monitoramento e manutenção durante o desenvolvimento do estudo;
- ✓ Empregar uma sistematização de dados funcional;
- ✓ Simular o habitat natural priorizando a obtenção de dados fidedignos.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de estudo

A coleta do espécime utilizado no desenvolvimento da metodologia foi feita na cidade de Avaré, localizada na região sudoeste do estado de São Paulo. O município é caracterizado pela predominância dos biomas Mata atlântica e Cerrado (IBGE, 2019) e formações vegetais de floresta semidecidual montana e aluvial e savana arborizada e lenhosa (INSTITUTO FLORESTAL, 2017; JORGE, MOREIRA, 2000).

O clima da cidade é classificado pelo Instituto de infraestrutura e meio ambiente, como quente e temperado, sendo que a sua temperatura média anual é de 20.3°C e precipitação de 1274 mm. Segundo a classificação climática de Koppen-Geiger, essa região é do tipo Cwa, ou seja, clima subtropical de inverno seco e verão chuvoso (PEEL et al., 2007).

3.2 Coleta do espécime

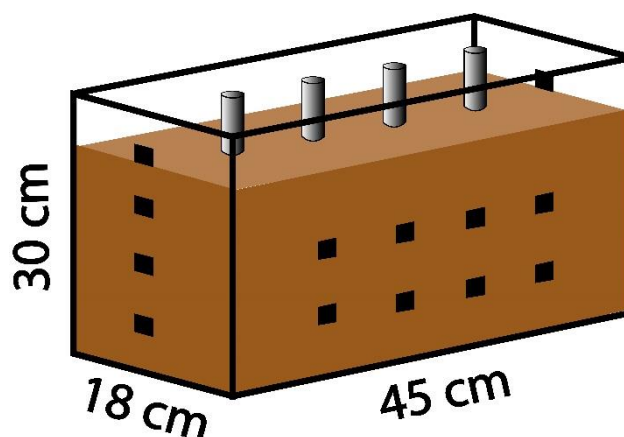
Foi utilizado um espécime de *Amphisbaena mertensi* para realizar o teste da metodologia. Esse espécime foi coletado por um cidadão de Avaré, que encaminhou o animal ao Instituto Federal de São Paulo (IFSP), câmpus Avaré.

Esse espécime foi sexado por meio da eversão do hemipênis (com uma pressão manual sobre a porção ventral da cauda), o que mostrou tratar-se de um macho. O espécime foi pesado, e medidos o comprimento rostro-cloacal (CRC) e o comprimento caudal (CC), sendo que foi utilizado como referência o CRC mínimo de 277 mm para machos e 260 mm para fêmeas, de acordo com Santos (2013), garantindo a coleta de espécimes adultos.

O indivíduo foi devidamente alimentado duas vezes por semana com minhocas.

3.3 Montagem do terrário

Para o desenvolvimento da metodologia foi utilizado um terrário de vidro de 18 x 45 x 30 cm, com vidros de espessura 3 mm, para que fossem suportados a terra e a estrutura dos sensores. O terrário possuía tampa com uma abertura no centro de aproximadamente 1cm, para que fosse possível a entrada de oxigênio. Para complementar a estrutura do terrário, aumentando a superfície de contato dos sensores, foram utilizados canos de PVC com diâmetro de 16mm na vertical do centro do terrário como suporte para os sensores, como mostra a figura 1.



Fonte: Ávila, A. C., 2018

Figura 1. Esquema do terrário, com as medidas e a posição dos canos em PVC no seu interior.

Para registrar a temperatura, foram utilizados sensores de contato (DS18B20 Dallas), que coletam a temperatura da anfisbena quando estão diretamente em contato com ela, e por isso estão espalhadas por toda a superfície interna do terrário. Esses dispositivos são capazes de ler a temperatura, interpretá-la e enviar a informação do valor da temperatura em Celsius para o microcontrolador, podendo medir temperaturas entre -55 e 125°C , com precisão de $0,5^{\circ}\text{C}$.

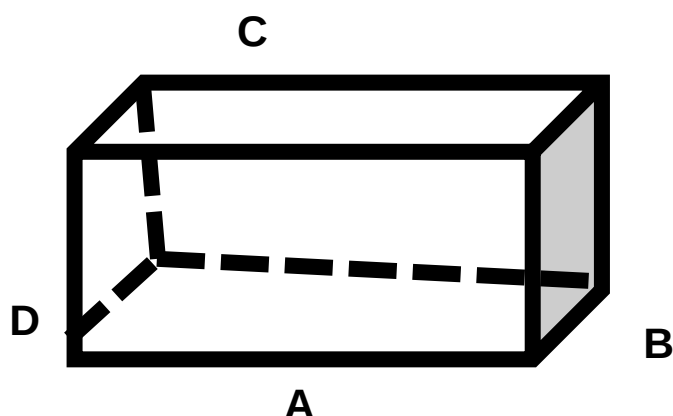
Os sensores foram numerados com etiquetas de 41 a 80, já que foi realizado um teste anterior que devido a um curto circuito resultou na perda dos sensores de 1 a 40. Posteriormente foi recolhido o endereço serial, que é um código exclusivo para cada sensor. Dessa forma, a temperatura registrada no programa ficou identificada de acordo com a sua localização no terrário.

Essa conformação permite analisar a atividade diária do animal, a sua proximidade com a superfície e com a fonte de calor, entre outros fatores.

Para a montagem do circuito no terrário foram utilizados 3 fios de cores diferentes. Foi estabelecido um padrão de ligação dos fios aos pinos dos sensores.

Posteriormente, foram construídos circuitos com vários sensores, para que eles ocupassem os locais estabelecidos no interior do terrário. Esses circuitos permitem que os sensores obtenham os valores individuais de temperatura mesmo que eles estejam ligados em um único fio.

Para o estabelecimento da posição e espaçamento dos sensores, os lados do terrário foram nomeados A, B, C, D (Figura 2), assim como os canos de PVC foram enumerados em 1, 2, 3 e 4. Para cada lado do terrário e cada cano de PVC foram feitos circuitos isolados que posteriormente foram conectados a uma placa Arduino.



Fonte: Elaborado pelo próprio autor

Figura 2. Divisão e identificação dos lados do terrário.

Para conectar os sensores na placa Arduino foram feitos blocos de 10 sensores para facilitar o desenvolvimento da programação, e cada bloco foi ligado a uma porta específica do Arduino.

Foi utilizado um Arduino UNO que atuou como um microcontrolador, permitindo executar a programação, e a shield que tem a função de aumentar a funcionalidade do Arduino, nesse caso como módulo calendário, no registro de data e hora dos dados.

3.4 Programação dos sensores

Foram feitas duas programações, uma para coleta dos códigos seriais dos sensores e outra para coleta da temperatura, em ambas se utilizou um ambiente de programação denominado Arduíno IDE (Integrated Development Environment, ou Ambiente de Desenvolvimento Integrado).

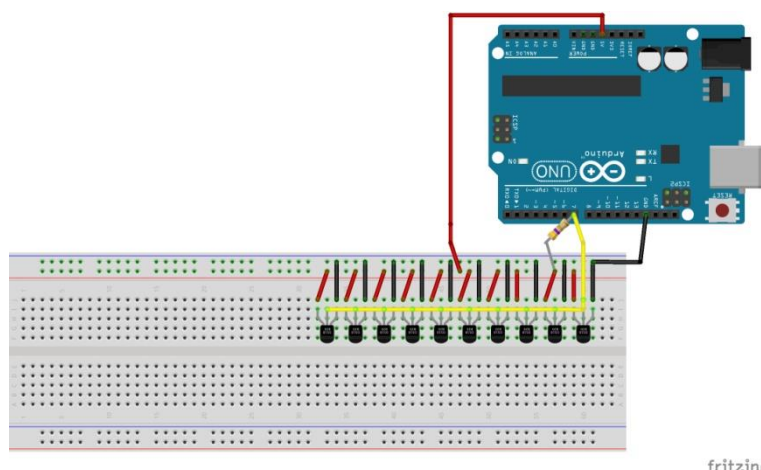
A linguagem para a montagem foi c++, que é uma linguagem compilada, na qual o código fonte é executado diretamente pelo processador (DELGADO, 2018).

O programa possui duas funções básicas: a void setup, que é executada apenas quando começa o programa e serve para configurar os pinos da placa e estabelecer a comunicação serial com um computador, e a void loop, que executa os comandos que são colocados nela infinitamente, como pausa de coleta dos sensores, o que fazer caso haja erro em determinada parte do programa, para onde enviar os dados coletados, entre outros.

A programação tem função básica de transferir códigos de comando para a placa arduíno, para que o arduíno as execute.

3.4.1 Coleta dos códigos

O código dos sensores foi recolhido com o auxílio de uma protoboard que permite testar o funcionamento do circuito, e um Arduino UNO, utilizando o esquema de ligação da Figura 3.



Fonte: Predolin, R., 2019

Figura 3. Esquema de montagem dos sensores na protoboard e no arduíno UNO para a coleta do código serial dos sensores, mantendo todos os sensores com a ligação elétrica em paralelo utilizando um resistor 4,7k ligando o 5v no cabo do sensor.

Para testar o funcionamento do circuito, era feito o aquecimento do sensor manualmente, por 5 a 10 segundos aproximadamente, e automaticamente o código era disponibilizado no monitor serial do programa do IDE do Arduino.

3.4.2 Coleta da temperatura

Com a obtenção do código de cada sensor, foi montada uma programação para o funcionamento do terrário considerando a coleta da alteração da temperatura em cada sensor. Em decorrência da abundância de dados coletados, haverá uma constante de temperatura nos diferentes pontos de localização do sensor considerando o gradiente térmico. A passagem da anfisbena provocará um pico, seja superior ou inferior àquela constante, tornando possível a diferenciação da temperatura de ambos (espécime e substrato).

Essa programação tinha os comandos necessários para que fossem analisados os sensores de acordo com os blocos feitos na estrutura física, e eles foram montados colocando o tempo de pausa (intervalo entre os registros), o

registro da hora e data. O armazenamento dos dados pode ser feito em um cartão sd ou apenas exposto na tela do computador.

Os dados foram disponibilizados de forma que, quando copiados do programa e colados no Excel, geram uma planilha separando os componentes data, hora e temperatura.

4 RESULTADOS

4.1 Espécime

O espécime de *A. mertensi* coletado (figura 4) tinha medidas de 364 mm de CRC e 14 mm de CC, levando em consideração que o indivíduo era autotomizado. Concluiu-se, portanto que o indivíduo é um adulto, seguindo a referência de comprimento mínimo de CRC de Santos (2013).

A massa total do espécime era de 22,37g, e apresentava aparência saudável. Foi mantido em um pote de vidro, sendo alimentado duas vezes por semana com minhocas, até que fosse transferido para o terrário onde foi realizado o teste.

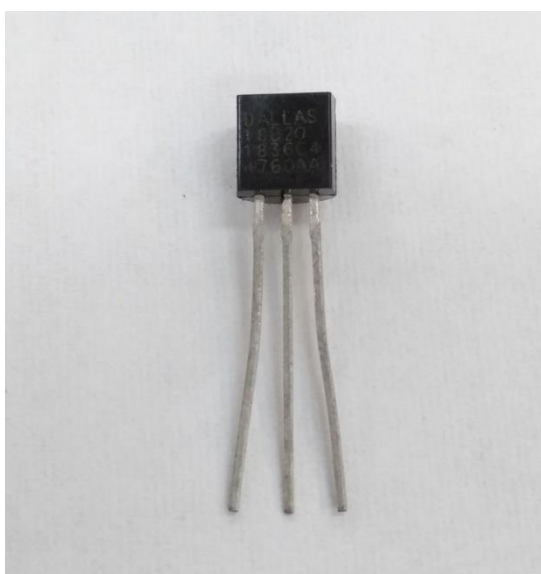


Fonte: Santos, L. C., 2019

Figura 4. Espécime de *Amphisbaena mertensi* coletada na área urbana da cidade de Avaré, mantido em cativeiro nas dependências do IFSP, Campus Avaré.

4.2 Montagem do terrário

Foi utilizado um total de 32 sensores, mais 5 sensores reserva, para cobrir a superfície do terrário. Os termossensores são do tipo DS18B20 Dallas e são encapsulados, de plástico polido e não pontiagudos, de forma a não oferecer riscos ao animal (Figura 5), além de possuírem voltagem de 3.3 volts e serem isolados do contato.

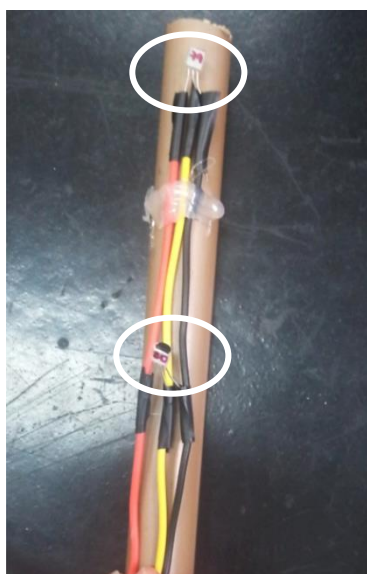


Fonte: Panzini, A. L., 2019

Figura 5. Sensor DS18B20 Dallas

Os sensores foram padronizados quanto à distância entre si, sendo posicionados a cada 6 cm de distância na vertical. Nas paredes B e D, um sensor foi posicionado acima da camada de areia para que fosse medida a temperatura do ar circundante.

Os canos de PVC utilizados ficaram posicionados exatamente no meio do terrário, distantes 9 cm das paredes A e C e 7,5 cm das paredes B e D, e o espaçamento entre eles foi igual a 5 cm. A distância dos sensores dispostos no circuito que eram suportados pelos canos de PVC seguiam o padrão dos sensores localizados nas paredes do terrário (distância de 6cm) (Figura 6). Para manter os canos estáveis, de forma a não prejudicar a fiação protegida por ele, foi utilizada cola quente na base do cano para dar suporte, além da terra utilizada para preencher o terrário.



Fonte: Silva, J. N., 2019

Figura 6. Cano de PVC sendo utilizado como suporte para os sensores no centro do terrário, fixados por meio de cola quente. Em destaque, a superfície dos sensores expostas para a coleta da temperatura.

As cores de fios utilizadas foram vermelho, amarelo e preto, totalizando 15m de fio com diâmetro de 0.5 mm para cobrir a superfície toda do terrário. O padrão de conexão desses fios aos sensores está exposto na Figura 7. Na escolha das cores dos fios, é importante considerar os padrões para a alimentação positiva e negativa. Para esse estudo, o fio vermelho foi utilizado como alimentação negativa, mas não é o recomendado já que não é o padrão. O fio preto é a alimentação positiva e o amarelo é o sinal do sensor.

Esses fios foram descascados para gerar contato e soldados aos pinos dos sensores, e posteriormente foram isolados com cola quente para não gerar contato. Inicialmente tentou-se utilizar fita isolante para anular o contato entre os pinos dos sensores, e seus fios de ligação, porém o contato da fita com a terra úmida diminui a aderência dos mesmos à superfície de contato, que resultou no primeiro teste (sensores de 1 a 40) em um curto circuito entre os fios de alimentação positivo e negativo (fios vermelho e preto), provavelmente pela região do sensor apontada na figura 7, que se tornava mais exposta conforme diminuía a aderência da fita, prejudicando o funcionamento de todo o sistema e queimando todos os sensores, já que esses fios passavam de forma unidirecional em todos os circuitos.



Fonte: Pazini, A. L., 2019

Figura 7. Padrão de ligação dos fios aos pinos dos sensores por meio da solda e isolamento, seguindo a sequência vermelha, amarelo e preto, sendo que o fio vermelho significa a alimentação positiva, o fio amarelo é o sinal do sensor e o preto é a alimentação negativa. A seta vermelha aponta a região dos pinos que, durante os primeiros testes, ficou exposta, resultando em curto, e que portanto deve ser isolada com cola quente.

Foi acrescentado um fio branco na montagem dos circuitos na substituição dos fios amarelos que levam o sinal do sensor para o arduíno, visando melhor visualização da separação dos blocos de sensores e saída dos mesmos para o arduíno.

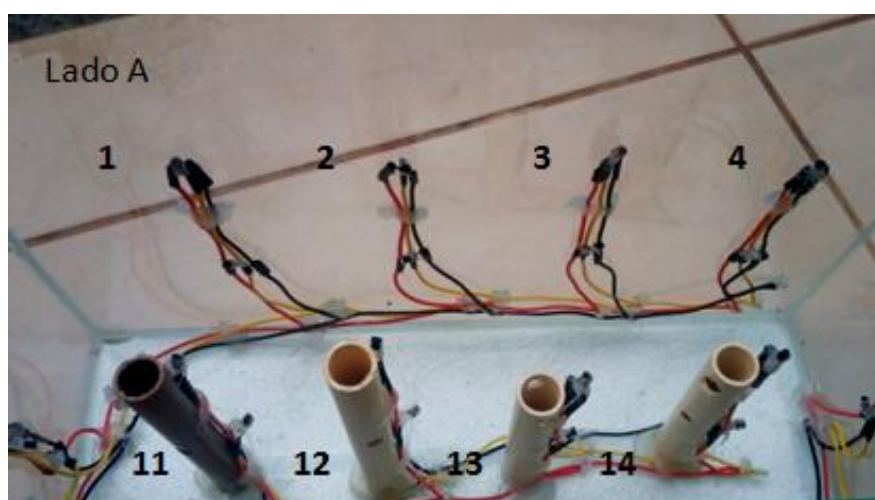
A ordem de sensores utilizados em cada circuito segue na tabela 1.

Tabela 1: Relação do agrupamento dos termossensores nos circuitos.

Número do circuito	Sensores
1	41, 42
2	43, 44
3	45, 46
4	47, 48
5	49, 50, 51, 52
6	53, 54
7	55, 56
8	57, 58
9	59, 60
10	61, 62, 63, 64
11	73, 74
12	75, 76
13	77, 78
14	79, 80

Fonte: Elaborada pela autora.

A disposição dos circuitos no terrário está relacionada à divisão dos seus lados, portanto no lado A ficaram os circuitos de 1 a 4, no lado B o circuito 5, no lado C os circuitos de 6 a 9, no lado D o circuito 10. Os canos foram enumerados, portanto, cano 1 circuito 11, cano 2 circuito 12, cano 3 circuito 13 e cano 4 circuito 14. A Figura 8 mostra um exemplo da disposição dos circuitos no lado A e dos sensores.

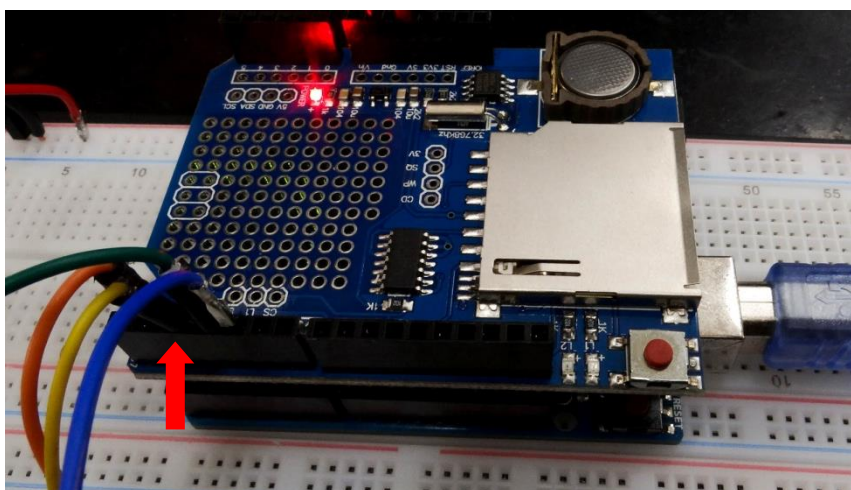


Fonte: Silva, J. N., 2019

Figura 8. Vista superior do terrário mostrando a disposição dos circuitos de 1 a 4 no lado A e de 11 a 12 nos canos de PVC, abrangendo os sensores conforme a Tabela 1.

A proposta inicial trazia a ocupação do fundo do terrário, denominado lado E, com os sensores de 65 a 72, porém no primeiro teste a disposição desses sensores no fundo do terrário ficou irregular devido ao seu tamanho e encaixe na estrutura física, considerando que a sua superfície de contato tinha que ficar exposta. Portanto, pensando na viabilidade de funcionamento do sistema, optou-se por retirar esses circuitos no segundo teste.

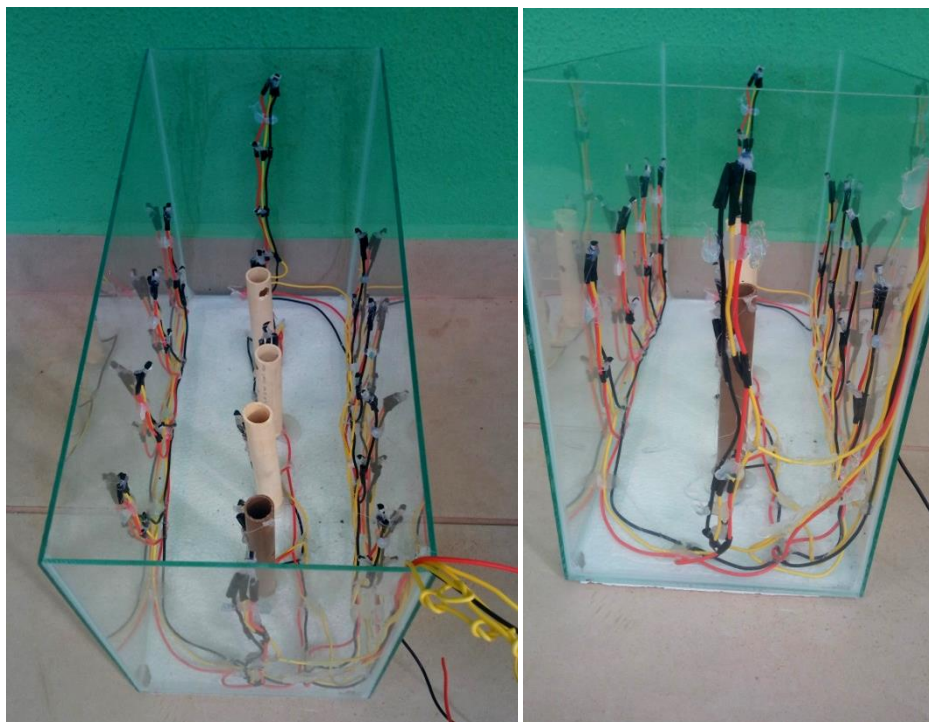
Os blocos de sensores seguiram a seguinte conformação na ligação com o arduíno: sensores de 41 a 50, cabo branco com azul na porta 5; 51 a 60, cabo branco com verde na porta 4; 61 a 64, cabo branco com amarelo na porta 2; e 72 a 80, cabo branco com laranja na porta 2 (Figura 9).



Fonte: Santos, L. C., 2019

Figura 9. Ligação dos sensores às portas do arduíno. Sendo que a seta vermelha indica, em ordem decrescente, as portas 5 (sensores de 41 a 50), 4 (sensores de 51 a 60), 3 (sensores de 61 a 64) e 2 (sensores de 71 a 80).

A visão geral do terrário após todas as modificações pode ser observada na figura 10, levando em consideração a imobilização dos fios, a organização desses fios dentro do terrário, dado que eles ocupam um espaço considerável, e a padronização dos circuitos.



Fonte: Silva, J. N., 2019

Figura 10. Vista geral do terrário disposição dos circuitos em seu interior.

4.2 Programação

4.2.1 Coleta dos códigos

Foi feita a ligação do Arduino com o computador e carregada a programação (anexo A). Os sensores foram colocados de dez em dez na protoboard, para a coleta de códigos. Em seguida foram etiquetados com a numeração de 41 a 85, já que foram considerados cinco sensores reserva.

Para essa programação foram utilizadas as bibliotecas Onewire e Dallas temperature.

4.2.2 Coleta da temperatura

Para a programação (anexo B) foram utilizadas as seguintes bibliotecas: Biblioteca do relógio (DS1307), a OneWire (se comunica com o Dallas encaminhando as informações para o cartão de memória), Dallas (codifica as informações transformando em temperatura), SPI (comunicação do cartão de

memória), SD (armazenamento do cartão de memória) e Wire (comunicação pelo módulo relógio).

Para que fosse possível o funcionamento da programação, foi necessário colocar os blocos de sensores nas portas corretas da shield conectada ao arduíno e utilizar um resistor para não dar retorno entre o positivo e o sinal do sensor.

Além disso, a coleta de códigos deve ser considerada como fator essencial no desenvolvimento da programação, dado que na primeira tentativa de desenvolvimento da metodologia, houve uma troca no código dos sensores que estavam no bloco da programação e na estrutura física, o que ocasionou a inativação do mesmo, já que a informação dos códigos que o programa envia ao arduíno não reconhece os códigos corretos na estrutura física do terrário.

O número excessivo de sensores provocou uma sobrecarga no programa, especificamente na biblioteca do relógio (DS1307), que impediu que o programa fornecesse o restante das informações necessárias, travando o mesmo. Essa função foi desativada e o programa rodou normalmente, mas sem a informação de data e hora. Com a desativação dessa função outro problema surgiu, a sobrecarga de memória, já que havia um excesso de informações comentadas (trechos de texto no programa que servem apenas para explicar o código, sem executar nenhum tipo de comando no programa ou desativar uma função), referente aos sensores extras.

Portanto, para que as funções da biblioteca do relógio não ficassem prejudicadas, sem desativar os sensores que eram essenciais para o desenvolvimento, foram desativadas todas as funções referentes aos sensores que compunham a programação, dado que a mesma tinha comando referente aos sensores de 1 a 85, facilitando posteriormente a montagem e utilização destes se necessário, como foi o caso de se utilizar os sensores de 41 a 80, devido à queima dos sensores de 1 a 40 devido ao curto circuito.

4.5 Funcionamento da metodologia

Após a programação rodar, foi adicionada terra ao terrário, deixando-se 6cm sem terra na parte de cima, considerando que os sensores 40 (circuito 5) e 61 (circuito 10), ficaram expostos ao ar circundante, para que fosse medida a temperatura e comparada posteriormente com as temperaturas do solo.

Posteriormente a anfisbena foi alocada, e o terrário tampado para que não houvesse fuga do animal.

Coletamos dados para testar o funcionamento do sistema por 24 horas, o programa não travou, e os dados foram coletados a cada 30 segundos de forma satisfatória.

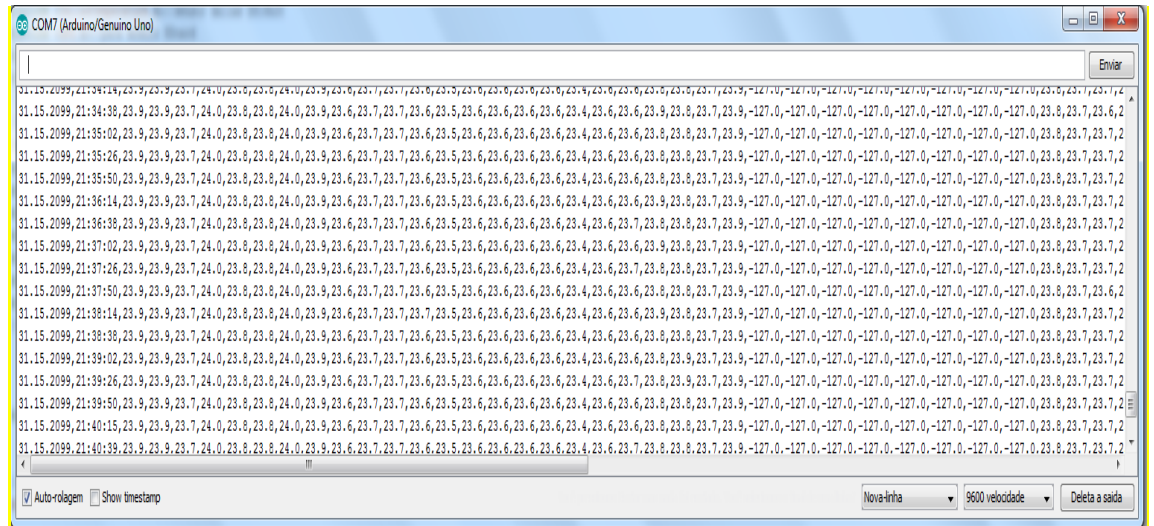
As temperaturas coletadas ficam constantes em cada sensor, correspondendo àquela do substrato. Essa temperatura se altera quando o espécime passa pelo sensor, e essa alteração é então registrada. Portanto, variações na temperatura correspondem à passagem da anfisbena. Estudos já realizados com termorregulação de anfisbenas, como o de Matias (2013), apontam que há uma diferença na temperatura dos animais em relação à do substrato (devido à termorregulação), portanto é possível observar picos de temperatura provocado por ela, superior ou inferior àquela do substrato.

Além disso, foi possível observar a formação dos túneis, característicos das anfisbenas, inclusive a sua movimentação por eles. Foi observado inclusive, que esses túneis foram feitos muito próximo à localização de determinados sensores.

É necessário ter cautela com a entrada de oxigênio na tampa do terrário, que se posiciona verticalmente no centro, pois durante o teste o espécime conseguiu escapar, portanto é necessário limitar essa entrada de ar ou fazer uma tampa com vão ainda menor do que 1cm.

Não foi observado durante o tempo do teste o descolamento dos circuitos da parede do terrário, mas ainda é necessário maior tempo de observação, dado que as anfisbenas possuem características musculares bem particulares devido ao seu hábito de escavação (NAVAS, 2004).

As informações são fornecidas pelo programa em uma janela separada (figura 11). Essas informações, quando copiadas e coladas para a área de trabalho do Excel, são convertidas em planilha, e para isso é necessário que se configure para que os dados serem separados por vírgula nos comandos do Excel. As planilhas separam data, hora e temperatura de cada sensor (Figura 12).



Fonte: Silva, J, N., 2019

Figura 11. Janela do programa do Arduino na qual são disponibilizados os dados coletados pelos sensores presentes no terrário.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
	data	hora	sensor_1	sensor_2	sensor_3	sensor_4	sensor_5	sensor_6	sensor_7	sensor_8	sensor_9	sensor_10	sensor_11	sensor_12	sensor_13	sensor
2	01.01.2000	12:00:00 AM	-127	-127	-127	-127	-127	-127	-127	-127	-127	-127	-127	-127	-127	-127
3																
4																
5																
6																
7																
8																
9																
10																
11																
12																
13																
14																
15																
16																
17																
18																
19																
20																

Fonte: Predolin, R., 2019

Figura 12. Abertura dos dados na planilha do Excel.

4. DISCUSSÃO

O arduíno é uma ferramenta que se caracteriza por ter funções semelhantes a um computador, podendo processar entradas e saídas entre o dispositivo e componentes externos a ele (MCROBERTS, 2011). Mesmo com toda a complexidade de utilizar ferramentas que estão fora do campo de atuação, como o presente estudo, o arduíno é utilizado em diferentes áreas sem necessitar de um conhecimento profundo sobre a suas técnicas (MARGOLIS, 2012).

Para o desenvolvimento da metodologia foi essencial que as ferramentas utilizadas fossem de grande abrangência, assim como de grande precisão e inovação, para que atendessem às necessidades do estudo. Hilberer et al. (2018), apontou em seu estudo que o arduíno é uma possibilidade inovação para muitas metodologias no campo laboratorial e Souza et al. (2011) confirma os seus apontamentos referentes à agilidade e inovação que a utilização do arduíno pode fornecer.

Visando a coleta de dados de forma fidedigna, a metodologia propôs a utilização de sensores de contato, para que não houvesse a interferência direta no animal, evitando gerar estresse que pode modificar o comportamento do animal, como apontado por Kleiman (1996). Estudos comparativos realizados com esses sensores apontam que eles apresentam maior efetividade, já que além de serem digitais e não precisarem de conversão do sinal analógico, também são apropriados para aplicações que exijam maior precisão e repetitividade, permitindo leituras com baixa variabilidade.

A proposta de colocar 40 sensores em um arduíno UNO gerou problemas relacionados ao desenvolvimento do programa, pela falta de memória e a sobrecarga de comando. Portanto sugere-se a utilização de um arduíno mega, e com as adaptações necessárias à shield, é possível utilizar o mesmo sistema aplicado neste trabalho, utilizando os mesmos comandos de data, hora e frequência de coleta de temperatura.

Além disso, é de extrema importância que a estrutura física esteja adequada, considerando que o programa deste trabalho teve problemas relacionados aos blocos de sensores nas portas do arduíno, juntamente com seus códigos que estavam diferindo, impedindo a coleta de temperaturas.

Os fios ocupam um espaço relativamente grande no terrário, portanto é

necessário mantê-los bem fixados à parede e de forma organizada, para evitar que o deslocamento do animal desconecte ou mova os sensores rompendo o circuito e prejudicando a coleta de dados, considerando as especializações musculares de anfisbenas e a força que são capazes de produzir, como apontado por Navas (2004) em seus estudos.

Alguns estudos em campo e em cativeiro já foram propostos com o objetivo de analisar termorregulação de anfisbenas, utilizando outros métodos. Em sua maioria, utilizaram-se espécies que se abrigam sob rochas, em decorrência da maior facilidade de encontro desses animais na natureza, se comparado com espécies que ocupam túneis mais profundos.

Esses estudos anteriores utilizaram como base principal da metodologia os gradientes de temperatura, utilizando os parâmetros comparativos da temperatura do animal com a temperatura do substrato, em campo e em laboratório, e a posição do animal nos diferentes gradientes.

Estudos realizados com a espécie *B. cinereus* por Martin et al. (1990) em campo e Lopez et al. (1998) em cativeiro sugerem que os animais procuram uma faixa de temperatura preferida, sendo que o estudo em campo analisou as rochas que esses animais utilizavam para regular a temperatura e o estudo em cativeiro utilizou gradientes de temperatura e observou as faixas preferidas pelos animais.

Lopez et al. (2002), em estudo realizado com *T. wiegmanni* por meio da busca ativa, comparou a temperatura cloacal dos espécimes com a temperatura da pedra com a qual cada um estava em contato. Ambas as temperaturas possuem forte correlação, mas a relação entre as temperaturas do corpo das anfisbenas e a faixa de temperaturas dos substratos difere de uma variação aleatória (inferida utilizando modelos inanimados de cobre), o que pode indicar que há termorregulação comportamental. Assim como no estudo de Matias (2013) com *A. munoai*, que comparando dados de cativeiro e em campo também concluiu que há uma termorregulação ativa desses animais, e que eles procuram pontos ótimos de temperatura para termorregular. No estudo de Matias (2013), foram observadas diferenças e até 5° C entre a temperatura do corpo dos espécimes e a temperatura do substrato que eles ocupavam.

Anteriormente ao estudo de campo realizado com *T. wiegmanni*, um estudo em cativeiro realizado por Gatten e McClung (1981), observou que essa espécie escolhe pontos de preferência dentro de gradientes de temperatura.

Nesses estudos realizados com espécies que se abrigam sob rochas, é possível observar um maior número de variáveis de análise, devido a uma maior facilidade de observação em campo, quando comparamos com espécies que ocupam maiores profundidades no solo. Em decorrência disso, o único estudo realizado com anfisbenas com hábito mais escavador foi o de Abe (1984), que também trabalhou utilizando o gradiente térmico e analisando o deslocamento e a localização desses animais nas diferentes temperaturas, sugerindo que essa portanto seria a temperatura corporal do animal. Portanto não houve resultados referentes à temperatura do corpo do animal e sim do solo em que esse animal estava.

Esses estudos trazem de maneira muito marcante a preferência de temperatura nos diferentes gradientes e a termorregulação comportamental, parâmetros essenciais para o funcionamento da metodologia aqui proposta. Pois se fosse esperado que houvesse uma termoconformação perfeita, pressuposto por Gatten e McClung (1981), que consideraram que a variação entre o solo e o corpo da *T. wiegmanni* era de 0,1°C, não haveria necessidade de estabelecer um mapeamento de sensores possibilitando registrar a temperatura da anfisbena nos diferentes gradientes.

A metodologia deste estudo possibilita um aperfeiçoamento das técnicas previamente utilizadas, já que o contato manual para a coleta da temperatura do animal, como os estudos que registraram essa variável propõem, geram um fator de estresse podendo interferir na fidelidade dos dados. Nesse caso, a utilização de um sensor por contato fixo é um benefício, aumentando probabilidade de recolher dados com precisão e com pouca interferência de alguma alteração fisiológica, já que o estresse gerado é menor, considerando a precisão e qualidade do sensor já mencionado.

Outro fator a ser considerado é o tempo de coleta de dados desses trabalhos, já que em todos é necessário anotar algum dado relacionado ao comportamento, como posição ou a temperatura da cloaca. Assim, a frequência de coleta de dados é baixa, e os dados são coletados ao longo de curtos períodos amostrais. Em consequência, há uma escassez de dados comparativos, por exemplo, a relação da termorregulação com as estações do ano, já que fatores como clima, precipitação, entre outras variações climáticas podem interferir na termorregulação de Squamata, como mostram os estudos de Felappi (2009) e

Ribeiro et al. (2007) com *Tropidurus torquatus*. Esses autores observaram que durante a estação seca e fria, as temperaturas corporais médias eram menores para os indivíduos em atividade, e havia um aumento da temperatura corporal média durante a estação chuvosa.

Uma outra vantagem da metodologia aqui proposta é que permite traçar um método para estudo de sua atividade diária em cativeiro, já que a autonomia de locomoção do animal no terrário, e o monitoramento constante da sua temperatura permite analisar dados que ultrapassam a termorregulação. Não há dados desse tipo para a espécie analisada até o momento.

Analizando os parâmetros que definem o que é termorregulação, partindo do pressuposto que o animal utiliza da temperatura do meio para regular a sua temperatura, mesmo que alguns mantenham quase que constantes essas temperaturas, e outros sejam mais conformistas, como apontado por Angilletta Jr. (2009), em um experimento é necessário ter ferramentas que correlacionem esses dois dados (temperatura do corpo e temperatura do substrato) para se obter dados sólidos analisando todas as variáveis possíveis.

Analizando os estudos aqui apontados, é possível notar algumas limitações referentes a esses fatores, como a quantidade de dados coletados, falta de recursos para correlacionar os dados, entre outros já discutidos aqui.

A proposta de Abe (1984) foi importante para estabelecer parâmetros para a construção do presente estudo. Baseado nisso, a metodologia propõe a coleta constante da temperatura do solo e do animal sem interferência, acumulando um banco de dados abundante, já que os intervalos de coleta de dados pelo programa são ajustáveis, fornecendo as variáveis necessárias para estudo não só da termorregulação, mas também de atividade diária, respostas termofílicas, entre outros.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos dados aqui apresentados, é possível concluir que a metodologia proposta é eficiente, e pode funcionar como uma ferramenta para a complementação dos dados de ecologia termal de *Amphisbaenia*, além de possibilitar o estudo de aspectos relacionados à sua atividade diária.

A presença constante de monitoramento nesses animais, com o uso de um sistema com baixo custo de manutenção e com pouca interferência no comportamento do animal é importante para uma coleta de dados mais abundante e fidedigna, e a metodologia proposta oferece isso através dos sensores por contato e a montagem de uma programação que coleta dados constantes, tendo se mostrado funcional.

6. REFERÊNCIAS

- ABE, A. S. Experimental and field record of preferred temperature in the neotropical amphisbaenid *Amphisbaena mertensi* Stauch (Reptilia, Amphisbaenidae). **Comparative Biochemistry and Physiology A: Physiology**, v. 77, n. 2 p. 251-253, 1984.
- ANGILLET JR, M. J. **Thermal adaptation: A theoretical and empirical synthesis**. New York: Oxford University Press, 2009. 302p.
- BOVO, R. P. **Ecologia termal da jararaca-ilhoa, *Bothrops insularis* (Serpentes, Viperidae): um estudo em condições naturais**. 2009. Dissertação (Biologia animal). Instituto de Biociências, Universidade do Estado de São Paulo (UNESP), São José do Rio Preto.
- COLLI, G. R.; FENKER, J. A.; TEDESCHI, L. G.; BATAUS, Y. S. L.; UHLIG, V. M.; SILVEIRA, A. L.; ROCHA, C. F. D.; NOGUEIRA, C. C.; WERNECK, F. P.; MOURA, G. J. B.; WINCK, G. R.; KIEFER, M. C.; FREITAS, M. A.; RIBEIRO JÚNIOR, M. A.; HOOGMOED, M. S.; TINOCO, M. S.; VALADÃO, R. M.; VIEIRA, R. C.; MACIEL, R. P.; FARIA, R. G.; RECODER, R.; ÁVILA, R. W.; SILVA, S. T.; RIBEIRO, S. L. B.; AVILA-PIRES, T. C. S. Avaliação do **Avaliação do risco de Extinção de *Amphisbaena mertensii* Strauch, 1881, no Brasil**. Processo de avaliação do estado de conservação da fauna brasileira. ICMBio. 2016. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/portal/faunabrasileira/carga-estado-de-conservacao/8848-repteis-amphisbaena-mertensii>. Acesso em 02 dez 2019.
- COSTA, R. C.; BÉRNILS, R. S. Répteis do Brasil e suas Unidades Federativas: Lista de espécies. **Herpetologia Brasileira**, v. 8, n.1, p. 11-57, 2018.
- DEL CLARO, K., PREZOTO, F.; SABINO, J. **As distintas faces do comportamento animal**. Anhanguera Educacional. Edição Especial. Valinhos – SP, 2008.
- DELGADO, A. L. N. **A linguagem C++**, 2018. Disponível em <<http://www.inf.ufpr.br/ci208/NotasAula.pdf>>. Acesso em 02 dez 2019.
- FELAPPI, J. F. **Área de vida e ecologia termal do lagarto *Tropidurus torquatus* (Squamata, Tropiduridae) na região dos Pampas do Rio Grande do Sul**. 2009. 54 f. Dissertação- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, RS, 2009.
- GANS, C. Checklist and bibliography of the Amphisbaenia of the world. **Bulletin of the American Museum of Natural History**, n. 289, p. 1-130, 2005.
- GANS, C. Relative success of divergent pathways in amphisbaenian specialization. **The American Naturalist**, v. 102, n. 926, p. 345-362, 1968.
- GANS, C. 1969. Amphisbaenians – reptiles specialized for a burrowing existence. **Endeavour**, v. 28, p. 146-151.
- GANS, C. The characteristics and affinities of the Amphisbaenia. **The Transactions**

of the **Zoological Society of London**, v. 34, n. 4, p. 347-416, 1978.

GATTEN JR, R. E.; MCCLUNG, R. M. Thermal selection by an amphisbaenian, *Trogonophis wiegmanni*. **Journal of Thermal Biology**, v. 6, n. 1, p. 49-51, 1981.

GIRALDO, C. E. R. Efecto de la alteracion del fotoperiodo sobre la termorregulación de *Norops tolimensis* (Squamata: Polychrotidae). Institute of Ecology, 2015. Não publicado. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/278848867_EFECTO_DE_LA_ALTERACION_DEL_FOTOPERIODO SOBRE LA TERMORREGULACION_DE_Norops_tolimensis_SQUAMATA_POLYCHROTIDAE>. Acessado em 20/09/2018.

HUTCHINS M., SMITH, B., ALLARD, R. In defense of zoos and aquariums: the ethical basis for keeping wild animals in captivity. **J Am Vet Med Assoc**, v. 223, n.7, p. 958-66, 2003.

HILBERER, A.; LAURENT, G.; LORIN, A.; PARTIER, A.; BOBROFF, J.; BOUQUET, F.; EVEN, C.; FISCHBACH, J. M.; MARRACHE-KIKUCHI, C. A.; MONTEVERDE, M.; PILETTE, B.; QUAY, Q. Temperature-dependent transport measurements with Arduin. **Papers in Physics**, v. 10, 2018. Disponível em: <[arXiv:1809.08075](https://arxiv.org/abs/1809.08075)>

INSTITUTO FLORESTAL. **Estação ecológica de Avaré**: diagnóstico. Instituto Florestal, 2017. Disponível em <https://www.sigam.ambiente.sp.gov.br/sigam3/Repositorio/511/Documentos/EE_Avare/Plano_Manejo_EEcAvare_Diagnostico1.pdf>

INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE. **The IUCN red list of threatened species**. Disponível em: <<https://www.iucnredlist.org/>>. Acessado em: 20/10/2018.

JORGE, L. A. B.; MOREIRA, M. P. Padrões da fragmentação do habitat na Cuesta de Botucatu (SP). **Ciência Florestal**, v.10, n.1, p.141-157, 2000.

KEARNEY, M. Systematics of the Amphisbaenia (Lepidosauria: Squamata) based on morphological evidence from recent and fossil forms. **Herpetological Monographs**, v. 17, n. 1, p. 1-74, 2003.

KEARNEY, M.; STUART, B. L. Repeated evolution of limblessness and digging heads in worm lizards revealed by DNA from old bones. **Proceedings of the Royal Society of London**, 2004 B, p. 1677-1683, 2004.

KLEIMAN, D., ALLEN, M. E., THOMPSON, K. V.; LUMPKIN, S. **Wild mammals in captivity**: principles and techniques. Chicago and London: University of Chicago Press, 1996. 639p.

LÓPEZ, P. CIVANTOS, E. MARTÍN, J. Body temperature regulation in the amphisbaenian *Trogonophis wiegmanni*. **Canadian Journal of Zoology**, v. 80, n. 1, p. 42-47, 2002.

LÓPEZ, P. SALVADOR, A. MARTÍN, J. Soil temperature, rock selection, and the thermal ecology of the amphisbaenian reptile *Blanus cinereus*. **Canadian Journal of Zoology**, v. 76, n. 4, p. 673-679, 1998.

MACEY, J. R., PAPENFUS, T. J., KUEHL, J. V., FOURCADE, M. H., BOORE, J. L. Phylogenetic relationships among amphisbaenian reptiles based on complete mitochondrial genomic sequences. **Molecular phylogenetics and evolution**, v. 33, n. 1, p. 22-31, 2004.

MCROBERTS, M. Arduino básico. **Novatec Editora**. São Paulo, p. 22-24. 2011.

MARGOLIS, M. **Arduino CookBook**. O' Reilly Media Inc. 2ª. ed., 2012. 699p.

MARTIN, J. LOPEZ, P. SALVADOR, A. Field body temperatures of the amphisbaenid lizard *Blanus cinereus*. **Amphibia-Reptilia**, v. 11, p. 87-96, 1990.

MARTINS, M., MOLINA, F., FERRAREZZI, H., FRANCO, F.L.; GERMANO, V.J. Répteis. In: KIERULFF, C. (org.) **Livro vermelho da fauna ameaçada de extinção do Estado de São Paulo**. SEMA, São Paulo, p.285-327, 2009.

MATIAS, N. R. **Biologia termal e seleção de microhabitats *Amphisbaena munoai* em campos rochoso do bioma pampa**, 2013. 44f. Dissertação (Mestrado em Biologia Animal) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Biociências, Porto Alegre, 2013.

MONTERO, R. 2019. *Amphisbaena mertensii*. A Lista Vermelha da IUCN de Espécies Ameaçadas 2019: e.T56039194A56039199. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2019-2.RLTS.T56039194A56039199.en>>. Acessado em 29 de novembro de 2019.

MOTT, T., VIEITES, D. R. Molecular phylogenetics reveals extreme morphological homoplasy in Brazilian worm lizards challenging current taxonomy. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v. 51, n. 2, p. 190-200, 2009.

NAVAS, C. A., ANTONIAZZI, M. M., CARVALHO, J. E., CHAUI-BERLINK, J.G, JAMES, R.S., JARED, C., KOHLSDORF, T., SILVA, M.D.P.; WILSON, R.S. Morphological and physiological specialization for digging in amphisbaenians, an ancient lineage of fossorial vertebrates. **Journal of Experimental Biology**, v. 207, p. 2433-2441, 2004.

NETO, F. A. **Influência da temperatura e do termoperíodo sobre a taxa metabólica de repouso em cascavéis, *Crotalus durissus* (Serpentes: Viperidae)**. Trabalho de conclusão de curso (Especialização). Universidade Estadual Paulista (UNESP), Rio Claro, 2015.

NEVES, S. M. P., ONG, F. M. P., RODRIGUES, L. D., SANTOS, R. A., FONTES, R. S., SANTANA, R. O. **Manual de Cuidados e Procedimentos com Animais de Laboratório do Biotério de Produção e Experimentação da FCF-IQ/USP**. 2013. 216 p.

PARANHOS DA COSTA, M. J. R., CROMBERG, V. U. Ambiência na produção de bovinos de corte a pasto. **Anualpec**. p. 68-73, 2001.

PEEL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; MCMAHON, T. A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. **Hydrology and Earth System Sciences Discussions**, v. 11, n. 5, p.1633-1644, 2007.

PYRON, R. A., BURBRINK, F. T.; WIENS, J. J. A phylogeny and revised classification of Squamata, including 4161 species of lizards and snakes. **BMC evolutionary biology**, v. 13, n. 1, p. 93, 2013.

REGAL, P. J. Thermophilic response following feeding in certain reptiles. **Copeia**, v. 1966, n. 3, p. 588-590, 1966.

RIBEIRO, L. B.; GOMIDES, S. C.; SANTOS, A. O.; SOUSA, B. M. Thermoregulatory behavior of the saxicolous lizard, *Tropidurus torquatus* (Squamata, Tropiduridae), in a rocky outcrop in Minas Gerais, Brazil. **Herpetological Conservation and Biology**, v. 3, n.1, p. 63-70, 2007.

RIBEIRO, S.; NOGUEIRA, C.; CINTRA, C. E.; SILVA, N. J.; ZAHER, H. Description of a new pored Leposternon (Squamata, Amphisbaenidae) from the Brazilian Cerrado. **South American Journal of Herpetology**, v. 87, n. 2, 2011.

ROCHA, C. F. D., VAN SLUYS, M., VRCIBRADIC, D., KIEFER, M. C., DE MENEZES, V. A., COSTA, C. S. Comportamento de termorregulação em lagartos brasileiros. **Oecologia Brasiliensis**, v. 13, n. 1, p. 115-131, 2009.

SADO, R. R.; CARDOSO, R. M.; OLIVEIRA, I.; TOMATIELI, T. F.; COLLI, G. R. Padrão de atividade e termorregulação em lagartos do cerrado. In **Anais do VIII Congresso de Ecologia do Brasil**. 2007.

SANTOS, L. C. dos. **Biologia reprodutiva comparada de Amphisbaenidae (Squamata, Amphisbaenia) do Brasil**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2013.

SILVA, D. L. Comportamento de animais silvestres em cativeiro: protocolos para a ariranha (*Pteronura brasiliensis*) e chimpanzés (*Pan troglodytes*). **Universitas Ciências da Saúde**, v. 02, n.02, p. 210-227, 2008.

SNOWDON, C. T. O significado da pesquisa em comportamento animal. **Estudos de Psicologia**, v. 4, n. 2, p. 365-373, 1999.

SOUZA, A. R. de; PAIXÃO, A. C.; UZÊDA, D. D.; DIAS, M. A.; DUARTE, S.; AMORIM, H. S. A placa Arduino: uma opção de baixo custo para experiências de física assistidas pelo PC. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 33, n. 1, p. 1702-1 – 1702-5, 2011 . Disponível em: < <http://sbfisica.org.br/rbef/pdf/331702.pdf> > Acessado em: 01 dez 2019

TOSSINI, G., JONES, S.; AVERY, R. A. Effects of feeding onset point temperatures and thermoregulatory behaviour in the lizards *Podarcis muralis* and *Lacerta vivipara*.

Amphibia-Reptilia, v. 15, p. 257–265, 1994.

UETZ, P., FREED, P.; HOŠEK, J. (eds.), **The Reptile Database**. Disponível em: <http://www.reptile-database.org>. Acessado em 17 ago 2018.

VIDAL, N., AZVOLINSKY, A., CRUAUD, C., HEDGES, S. B. Origin of tropical American burrowing reptiles by transatlantic rafting. **Biology Letters**, v. 4, n. 1, p. 115-118, 2008.

VITT, L. J., CALDWELL, J. P. **Herpetology: an introductory biology of amphibians and reptiles**. Academic press, 2013.

ANEXO A – PROGRAMAÇÃO PARA COLETAR O CÓDIGO DOS SENSORES

```
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>

// Sensor de temperatura conectado na porta digital 7
#define ONE_WIRE_BUS 7
// Resolução da medida de temperatura 9 a 12 - 9=0.5; 10=0.25; 11=0.125; 12=0.0625
#define TEMPERATURE_PRECISION 12

// Setup a oneWire instance to communicate with any OneWire devices (not just Maxim/Dallas temperature ICs)
OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);

// Pass our oneWire reference to Dallas Temperature.
DallasTemperature sensors(&oneWire);

// arrays to hold device addresses
DeviceAddress sensor;

int nsen;
int i=0;
float T0[100];
float T[100];
boolean inicia=true;

void setup() {
  // start serial port
  Serial.begin(9600);

  // Start up the library
  sensors.begin();

  nsen=sensors.getDeviceCount();
  Serial.print("Foram encontrados ");
  Serial.print(nsen);
  Serial.println(" sensores");
}

void printAddress(DeviceAddress deviceAddress)
{
  for (uint8_t i = 0; i < 8; i++)
  {
    // zero pad the address if necessary
    Serial.print("0x");
    if (deviceAddress[i] < 16) Serial.print("0");
    Serial.print(deviceAddress[i], HEX);
    if (i<7) Serial.print(", ");
    else Serial.println(" ");
  }
}
```

```

void loop() {

  sensors.requestTemperatures();
  if(i<nсен) //i muda quando reconhece um sensor
  {
    if(inicia)
    {
      int j=0;
      for (j=0;j<nсен;j++) //j muda depois de avaliar a temperatura
      {
        sensors.getAddress(sensor,j);
        sensors.setResolution(sensor, TEMPERATURE_PRECISION);
        T0[j]=sensors.getTempC(sensor);
      }
      inicia=false;
      Serial.print("//Endereco do Sensor");
      Serial.println(i+1);
    }
    delay(200);
    int k;
    for (k=0;k<nсен;k++)
    {
      sensors.getAddress(sensor,k);
      T[k]=sensors.getTempC(sensor);
      if (T[k]-T0[k]>1.0)
      {
        Serial.print("DeviceAddress Sensor");
        Serial.print(i+1);
        Serial.print(" = { ");
        printAddress(sensor);
        i++;
        inicia=true;
        delay(2000);
        break;
      }
    }
  }
}

```

ANEXO B – PROGRAMAÇÃO PARA COLETAR A TEMPERATURA DOS SENSORES

```
#include <DS1307.h> //biblioteca do relógio
#include <OneWire.h> //comunicação OneWire
#include <DallasTemperature.h> //sensor dallas DS18B20
#include <SPI.h> //para modulo SDcard
#include <SD.h> //para modulo SDcard
#include <Wire.h> //biblioteca I2C

//*****
#define ONE_WIRE_BUS1 9 // sensor DS18B20 1 até 10 conectado porta 9
#define ONE_WIRE_BUS2 8 // sensor DS18B20 11 até 20 conectado porta 8
#define ONE_WIRE_BUS3 7 // sensor DS18B20 21 até 30 conectado porta 7
#define ONE_WIRE_BUS4 6 // sensor DS18B20 31 até 40 conectado porta 6
#define ONE_WIRE_BUS5 5 // sensor DS18B20 41 até 50 conectado porta 5
#define ONE_WIRE_BUS6 4 // sensor DS18B20 51 até 60 conectado porta 4
#define ONE_WIRE_BUS7 3 // sensor DS18B20 61 até 70 conectado porta 3
#define ONE_WIRE_BUS8 2 // sensor DS18B20 71 até 80 conectado porta 2
//*****

#define resolu 12 //define a precisão do dallas 18b20

// ***** Inicio o relógio*****
DS1307 rtc(SDA, SCL);

//***** variaveis globais *****

//float temp; //usada para conferir se teve erro na coleta de dados
//float temp_sonda[40];
//***** arquivo SDcard*****
File myFile;

//***** OneWIrer *****

OneWire oneWire8(ONE_WIRE_BUS8); //comunicação Onewire com qualquer dispositivo
OneWire oneWire7(ONE_WIRE_BUS7);
OneWire oneWire6(ONE_WIRE_BUS6);
OneWire oneWire5(ONE_WIRE_BUS5);
OneWire oneWire4(ONE_WIRE_BUS4);
OneWire oneWire3(ONE_WIRE_BUS3);
OneWire oneWire2(ONE_WIRE_BUS2);
OneWire oneWire1(ONE_WIRE_BUS1);

//*****endereço dallas*****/
DallasTemperature sensors8(&oneWire8); //passa referencia OneWire para dallas
DallasTemperature sensors7(&oneWire7);
DallasTemperature sensors6(&oneWire6);
DallasTemperature sensors5(&oneWire5);
DallasTemperature sensors4(&oneWire4);
DallasTemperature sensors3(&oneWire3);
DallasTemperature sensors2(&oneWire2);
DallasTemperature sensors1(&oneWire1);
```

```

//Endereco sensores do bloco 1 (conectado ao pino 9)
DeviceAddress Sensor_bloco_1[] = {/*
//Endereco do Sensor1
{ 0x28, 0xEB, 0x2D, 0x79, 0x97, 0x11, 0x03, 0x78 },
//Endereco do Sensor2
{ 0x28, 0x80, 0x01, 0x77, 0x91, 0x02, 0x02, 0xB9 },
//Endereco do Sensor3
{ 0x28, 0x5B, 0xBB, 0x79, 0x97, 0x11, 0x03, 0x54 },
//Endereco do Sensor4
{ 0x28, 0x80, 0x01, 0x77, 0x91, 0x02, 0x02, 0xB9 },
//Endereco do Sensor5
{ 0x28, 0xFB, 0xBF, 0x79, 0x97, 0x11, 0x03, 0x17 },
//Endereco do Sensor6
{ 0x28, 0xBA, 0xB2, 0x79, 0x97, 0x11, 0x03, 0xB9 },
//Endereco do Sensor7
{ 0x28, 0xD7, 0xB1, 0x79, 0x97, 0x11, 0x03, 0x7E },
//Endereco do Sensor8
{ 0x28, 0x80, 0x01, 0x77, 0x91, 0x02, 0x02, 0xB9 },
//Endereco do Sensor9
{ 0x28, 0xA6, 0x77, 0x79, 0x97, 0x11, 0x03, 0x6F },
//Endereco do Sensor10
{ 0x28, 0x46, 0xA5, 0x79, 0x97, 0x11, 0x03, 0x9B }
*/};

//Endereco sensores do bloco 2 (conectado ao pino 8)
DeviceAddress Sensor_bloco_2[] = {/*
//Endereco do Sensor11
{ 0x28, 0x22, 0x64, 0x79, 0x97, 0x10, 0x03, 0xAF },
//Endereco do Sensor12
{ 0x28, 0x0C, 0xC0, 0x79, 0x97, 0x11, 0x03, 0xE2 },
//Endereco do Sensor13
{ 0x28, 0x98, 0x69, 0x79, 0x97, 0x11, 0x03, 0x4F },
//Endereco do Sensor14
{ 0x28, 0x8D, 0xBD, 0x79, 0x97, 0x11, 0x03, 0xBE },
//Endereco do Sensor15
{ 0x28, 0xC6, 0x3A, 0x79, 0x97, 0x11, 0x03, 0xA9 },
//Endereco do Sensor16
{ 0x28, 0xFD, 0xB5, 0x79, 0x97, 0x10, 0x03, 0xDC },
//Endereco do Sensor17
{ 0x28, 0xF3, 0x46, 0x79, 0x97, 0x11, 0x03, 0xE3 },
//Endereco do Sensor18
{ 0x28, 0x45, 0x8C, 0x79, 0x97, 0x11, 0x03, 0xC9 },
//Endereco do Sensor19
{ 0x28, 0x95, 0x55, 0x77, 0x91, 0x07, 0x02, 0x7C },
//Endereco do Sensor20
{ 0x28, 0xC3, 0x49, 0x79, 0x97, 0x11, 0x03, 0x61 }
*/};

//Endereco sensores do bloco 3 (conectado ao pino 7)
DeviceAddress Sensor_bloco_3[] = {/*
//Endereco do Sensor21
{ 0x28, 0x93, 0x3A, 0x79, 0x97, 0x11, 0x03, 0x6C },
//Endereco do Sensor22
{ 0x28, 0xF5, 0x2E, 0x79, 0x97, 0x11, 0x03, 0x7E },
//Endereco do Sensor23
{ 0x28, 0xA5, 0x9D, 0x79, 0x97, 0x11, 0x03, 0x51 },
//Endereco do Sensor24
{ 0x28, 0x44, 0x30, 0x79, 0x97, 0x11, 0x03, 0x90 },
//Endereco do Sensor25
{ 0x28, 0x7F, 0x9F, 0x79, 0x97, 0x11, 0x03, 0xD9 },
//Endereco do Sensor26
{ 0x28, 0x44, 0x30, 0x79, 0x97, 0x11, 0x03, 0x90 },
//Endereco do Sensor27
{ 0x28, 0x1A, 0x34, 0x79, 0x97, 0x11, 0x03, 0xB2 },
//Endereco do Sensor28
{ 0x28, 0x3A, 0x5A, 0x79, 0x97, 0x11, 0x03, 0xB7 },

```

```

//Endereco do Sensor29
{ 0x28, 0x0C, 0xA2, 0x79, 0x97, 0x11, 0x03, 0x70 },
//Endereco do Sensor30
{ 0x28, 0x3B, 0x0B, 0x79, 0x97, 0x11, 0x03, 0xD8 }
    */ };

//Endereco sensores do bloco 4 (conectado ao pino 6)
DeviceAddress Sensor_bloco_4[] = { /*
//Endereco do Sensor31
{ 0x28, 0xE2, 0x53, 0x79, 0x97, 0x11, 0x03, 0x21 },
//Endereco do Sensor32
{ 0x28, 0xDD, 0x9E, 0x79, 0x97, 0x11, 0x03, 0x26 },
//Endereco do Sensor33
{ 0x28, 0x22, 0xA8, 0x79, 0x97, 0x11, 0x03, 0x68 },
//Endereco do Sensor34
{ 0x28, 0x46, 0x85, 0x79, 0x97, 0x11, 0x03, 0x63 },
//Endereco do Sensor35
{ 0x28, 0x14, 0xB6, 0x79, 0x97, 0x11, 0x03, 0xE9 },
//Endereco do Sensor36
{ 0x28, 0xFF, 0x2B, 0xE0, 0x6B, 0x18, 0x01, 0x29 },
//Endereco do Sensor37
{ 0x28, 0xFF, 0x44, 0xF6, 0x6B, 0x18, 0x01, 0x66 },
//Endereco do Sensor38
{ 0x28, 0xFF, 0xDE, 0x72, 0x61, 0x18, 0x02, 0x33 },
//Endereco do Sensor39
{ 0x28, 0xFF, 0x73, 0xF4, 0x6B, 0x18, 0x01, 0xB4 },
//Endereco do Sensor40
{ 0x28, 0xFF, 0x9E, 0xE5, 0x6B, 0x18, 0x01, 0x35 }
    */ };

//Endereco sensores do bloco 5 (conectado ao pino 5)
DeviceAddress Sensor_bloco_5[] = {
//Endereco do Sensor41
{ 0x28, 0xFF, 0xF3, 0xEE, 0x6B, 0x18, 0x01, 0x5C },
//Endereco do Sensor42
{ 0x28, 0xFF, 0xC1, 0xEF, 0x6B, 0x18, 0x01, 0xD4 },
//Endereco do Sensor43
{ 0x28, 0xFF, 0x49, 0xF3, 0x6B, 0x18, 0x01, 0x0B },
//Endereco do Sensor44
{ 0x28, 0xFF, 0xE2, 0xDF, 0x6B, 0x18, 0x01, 0x2A },
//Endereco do Sensor45
{ 0x28, 0xFF, 0x1F, 0xEF, 0x6B, 0x18, 0x01, 0x28 },
//Endereco do Sensor46
{ 0x28, 0xFF, 0xE6, 0xF1, 0x6B, 0x18, 0x01, 0x50 },
//Endereco do Sensor47
{ 0x28, 0xFF, 0xEA, 0x0D, 0x6C, 0x18, 0x01, 0x68 },
//Endereco do Sensor48
{ 0x28, 0xFF, 0x16, 0xF1, 0x6B, 0x18, 0x01, 0xF6 },
//Endereco do Sensor49
{ 0x28, 0xFF, 0xEA, 0xF2, 0x6B, 0x18, 0x01, 0xF9 },
//Endereco do Sensor50
{ 0x28, 0xFF, 0xD0, 0xEF, 0x6B, 0x18, 0x01, 0x65 }
    };

```



```

//Endereco sensores do bloco 6 (conectado ao pino 4)
DeviceAddress Sensor_bloco_6[] = {
//Endereco do Sensor51
{ 0x28, 0xFF, 0xFA, 0x04, 0x6C, 0x18, 0x01, 0x87 },
//Endereco do Sensor52
{ 0x28, 0xFF, 0xDC, 0xF2, 0x6B, 0x18, 0x01, 0xE1 },
//Endereco do Sensor53
{ 0x28, 0xFF, 0x9F, 0xF2, 0x6B, 0x18, 0x01, 0x46 },
//Endereco do Sensor54
{ 0x28, 0xFF, 0x70, 0xF1, 0x6B, 0x18, 0x01, 0x7B },
//Endereco do Sensor55
{ 0x28, 0xFF, 0xC6, 0xE1, 0x6B, 0x18, 0x01, 0x90 },
//Endereco do Sensor56
{ 0x28, 0xFF, 0x52, 0xE3, 0x6B, 0x18, 0x01, 0x3F },
//Endereco do Sensor57
{ 0x28, 0xFF, 0x53, 0x6F, 0x61, 0x18, 0x02, 0xB1 },
//Endereco do Sensor58
{ 0x28, 0xFF, 0xC4, 0xF2, 0x6B, 0x18, 0x01, 0xA3 },
//Endereco do Sensor59
{ 0x28, 0xFF, 0xBD, 0xF4, 0x6B, 0x18, 0x01, 0x34 },
//Endereco do Sensor60
{ 0x28, 0xFF, 0xAF, 0x6F, 0x61, 0x18, 0x02, 0x36 }
};

//Endereco sensores do bloco 7 (conectado ao pino 3)
DeviceAddress Sensor_bloco_7[] = {
//Endereco do Sensor61
{ 0x28, 0xFF, 0x8D, 0xDF, 0x6B, 0x18, 0x01, 0x54 },
//Endereco do Sensor62
{ 0x28, 0xFF, 0x57, 0xDF, 0x6B, 0x18, 0x01, 0xB7 },
//Endereco do Sensor63
{ 0x28, 0xFF, 0xF8, 0xF3, 0x6B, 0x18, 0x01, 0x89 },
//Endereco do Sensor64
{ 0x28, 0xFF, 0x43, 0xE1, 0x6B, 0x18, 0x01, 0x89 },
//Endereco do Sensor65
{ 0x28, 0xFF, 0xB9, 0x74, 0x93, 0x15, 0x01, 0xD3 },
//Endereco do Sensor66
{ 0x28, 0xFF, 0x9B, 0xF3, 0x6B, 0x18, 0x01, 0xD6 },
//Endereco do Sensor67
{ 0x28, 0xFF, 0x68, 0xF6, 0x6B, 0x18, 0x01, 0xBF },
//Endereco do Sensor68
{ 0x28, 0xFF, 0xC5, 0xF4, 0x6B, 0x18, 0x01, 0x67 },
//Endereco do Sensor69
{ 0x28, 0xFF, 0x26, 0xF5, 0x6B, 0x18, 0x01, 0x7C },
//Endereco do Sensor70
{ 0x28, 0xFF, 0xF8, 0x73, 0x61, 0x18, 0x02, 0xD8 }
};

//Endereco sensores do bloco 8 (conectado ao pino 2)
DeviceAddress Sensor_bloco_8[] = {
//Endereco do Sensor71
{ 0x28, 0xFF, 0x7D, 0xE4, 0x6B, 0x18, 0x01, 0x2E },
//Endereco do Sensor72
{ 0x28, 0xFF, 0x89, 0xF2, 0x6B, 0x18, 0x01, 0xA6 },
//Endereco do Sensor73
{ 0x28, 0xFF, 0xBC, 0xE1, 0x6B, 0x18, 0x01, 0x40 },
//Endereco do Sensor74
{ 0x28, 0xFF, 0x88, 0xF3, 0x6B, 0x18, 0x01, 0xE4 },
//Endereco do Sensor75
{ 0x28, 0xFF, 0x16, 0xE0, 0x6B, 0x18, 0x01, 0x41 },
//Endereco do Sensor76
{ 0x28, 0xFF, 0x57, 0xF6, 0x6B, 0x18, 0x01, 0x54 },

```

```

//Endereco do Sensor77
{ 0x28, 0xFF, 0x35, 0xF5, 0x6B, 0x18, 0x01, 0x4E },
//Endereco do Sensor78
{ 0x28, 0xFF, 0xFB, 0xEF, 0x6B, 0x18, 0x01, 0xED },
//Endereco do Sensor79
{ 0x28, 0xFF, 0x4B, 0x5C, 0xB0, 0x16, 0x04, 0x80 },
//Endereco do Sensor80
{ 0x28, 0xFF, 0xCC, 0xEE, 0x6B, 0x18, 0x01, 0xB7 }
};

/*
Foram encontrados 5 sensores ( de 80 a 85)
//Endereco do Sensor81
DeviceAddress Sensor81 = { 0x28, 0xFF, 0x5D, 0xF0, 0x6B, 0x18, 0x01, 0xE0 },
//Endereco do Sensor82
DeviceAddress Sensor82 = { 0x28, 0xFF, 0x33, 0xF2, 0x6B, 0x18, 0x01, 0x54 },
//Endereco do Sensor83
DeviceAddress Sensor83 = { 0x28, 0xFF, 0x6B, 0xDF, 0x6B, 0x18, 0x01, 0x12 },
//Endereco do Sensor84
DeviceAddress Sensor84 = { 0x28, 0xFF, 0x8A, 0xF5, 0x6B, 0x18, 0x01, 0x6E },
//Endereco do Sensor85
DeviceAddress Sensor85 = { 0x28, 0xFF, 0x6D, 0x70, 0x61, 0x18, 0x02, 0x35 },
*/

void setup()
{
// inicia a comunicação com o computador
  Serial.begin(9600);

//***** inicia o relógio*****

  rtc.begin();
// ativo o relógio no modo de execução
  rtc.halt(false);

//*****inicia biblioteca do Dallas DS18B20*****
  // Start up the library
  sensors1.begin();
  sensors2.begin();
  sensors3.begin();
  sensors4.begin();
  sensors5.begin();
  sensors6.begin();
  sensors7.begin();
  sensors8.begin();

  for (int i=0;i<9;i++)
  {
    sensors1.setResolution(Sensor_bloco_1[i],resolu);
    sensors2.setResolution(Sensor_bloco_2[i], resolu);
    sensors3.setResolution(Sensor_bloco_3[i], resolu);
    sensors4.setResolution(Sensor_bloco_4[i], resolu);
    sensors5.setResolution(Sensor_bloco_5[i], resolu);
    sensors6.setResolution(Sensor_bloco_6[i], resolu);
    sensors5.setResolution(Sensor_bloco_7[i], resolu);
    sensors6.setResolution(Sensor_bloco_8[i], resolu);
  }

//abre ou cria arquivo TXT
//*****SD card*****
while (!Serial)
{
  ; /* espera conexão serial */
  Serial.print(F("abrindo cartao SD..."));

if (!SD.begin(10)) { Serial.println(F("erro na abertura do cartao!")); //return;
}

  //****apaga arquivo antigo e cria um novo no cartão SD****
  /*if (SD.exists("dados.txt")) {
    SD.remove("dados.txt");
  } */

  myFile = SD.open("dados.txt", FILE_WRITE);

if (myFile)
{

```

```

    Serial.println(F("escrevendo em dados.txt..."));
    Serial.print(F("data,hora,"));
    myFile.print("data,hora,");

    for (int i=40;i<80;i++)
    {
        Serial.print(F("sensor_"));
        Serial.print(i+1);
        Serial.print(F(", "));
        myFile.print("sensor_");
        myFile.print(i+1);
        myFile.print(F(", "));
    }
    Serial.println();
    myFile.println();

    myFile.close();

}
else
{
    // se o arquivo nao abrir, avise:
    Serial.println(F("erro ao abrir dados.txt"));
    Serial.println(F("dados somente na tela"));
    Serial.println(F("escrevendo em dados.txt..."));
    Serial.print(F("data,hora,"));
    for (int i=40;i<80;i++)
    {
        Serial.print(F("sensor_"));
        Serial.print(i+1);
        Serial.print(F(", "));
    }
    Serial.println();
}

}

}

void loop()
{
    float temp_sonda[40];
    //*****envia a data e hora*****
    myFile = SD.open("dados.txt", FILE_WRITE);
    if (myFile)
    {
        myFile.print(rtc.getDateStr());
        myFile.print(",");
        myFile.print(rtc.getTimeStr());
        myFile.print(",");
        //Serial.print(F("data:"));
        Serial.print(rtc.getDateStr());Serial.print(",");
        //Serial.print(F("hora:"));
        Serial.print(rtc.getTimeStr());Serial.print(",");
    }
    else {

```

```

//*****sensor temp. Dallas DS18B20*****
sensors1.requestTemperatures();//comando para obter temperatura
sensors2.requestTemperatures();
sensors3.requestTemperatures();
sensors4.requestTemperatures();
sensors5.requestTemperatures();
sensors6.requestTemperatures();
sensors7.requestTemperatures();
sensors8.requestTemperatures();

for (int i=0;i<10;i++)
{
    temp_sonda[i]=sensors5.getTempC(Sensor_bloco_5[i]);
    //Serial.print(i);Serial.print(",");

    temp_sonda[3*i+10]=sensors6.getTempC(Sensor_bloco_6[i]);
    //Serial.print(3*i+10);Serial.print(",");
    temp_sonda[3*i+11]=sensors7.getTempC(Sensor_bloco_7[i]);
    //Serial.print(3*i+11);Serial.print(",");
    temp_sonda[3*i+12]=sensors8.getTempC(Sensor_bloco_8[i]);
    //Serial.println(3*i+12);

}

//Serial.println("*****fim*****");

if (myFile)
{
    for (int i=0;i<10;i++)    { myFile.print(temp_sonda[i],1); myFile.print(","); }
    for (int i=10;i<40;i=i+3) { myFile.print(temp_sonda[i],1); myFile.print(","); }
    for (int i=11;i<40;i=i+3) { myFile.print(temp_sonda[i],1); myFile.print(","); }
    for (int i=12;i<40;i=i+3) { myFile.print(temp_sonda[i],1); myFile.print(","); }
    myFile.println();
    myFile.close();
}

else {
    for (int i=0;i<10;i++)    { Serial.print(temp_sonda[i],1); Serial.print(","); }
    for (int i=10;i<40;i=i+3) { Serial.print(temp_sonda[i],1); Serial.print(","); }
    for (int i=11;i<40;i=i+3) { Serial.print(temp_sonda[i],1); Serial.print(","); }
    for (int i=12;i<40;i=i+3) { Serial.print(temp_sonda[i],1); Serial.print(","); }
    Serial.println();
}

```

```

//*****tempo para nova leitura*****

pausa(20);
//pausa(900);//pausa o programa em segundos

}

//***** macros referenciadas no programa *****

void pausa(long unsigned int tempo_parada) //macro para pausar por um tempo (em segundos) desejado
{
    long unsigned int tempo_inicial=millis;
    long unsigned int tempo_atual=millis;
    long unsigned int _tempo_parada=tempo_parada;
    char serial;
    do
    {
        tempo_atual=tempo_atual+500;
        //Serial.print(tempo_atual);Serial.print("-");Serial.print(tempo_inicial);Serial.print("<");Serial.println((_tempo_parada)*1000);

        //***** leitura do cartão *****
        serial=Serial.read();

        if (serial=='c')
        {
            myFile = SD.open("dados.txt");
            if (myFile) {
                // read from the file until there's nothing else in it:
                while (myFile.available())
                {
                    Serial.write(myFile.read());
                }

                // close the file:
                myFile.close();
            }
            else
            {
                // if the file didn't open, print an error:
                Serial.println("error opening dados.txt");
            }
        }

        if (serial=='n')
        {
            tempo_atual=tempo_inicial+((tempo_parada)*1000);}

        delay(500);
    }
    while((tempo_atual-tempo_inicial)<((tempo_parada)*1000));
}

```